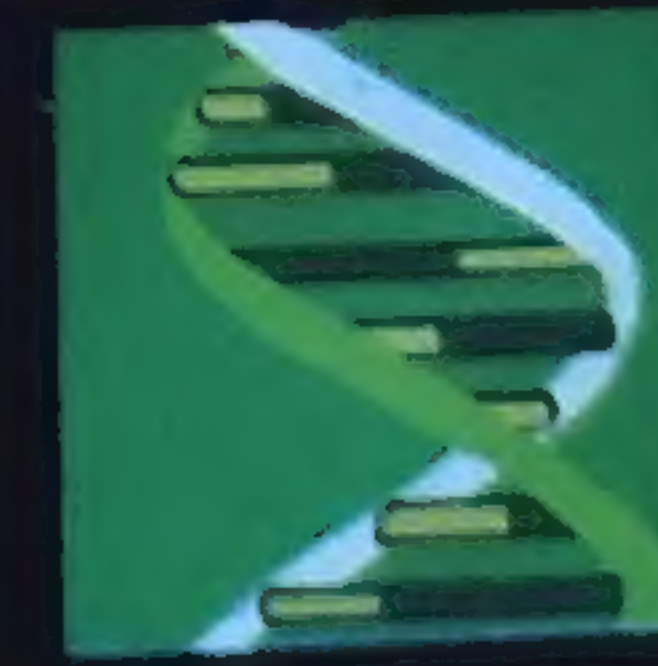
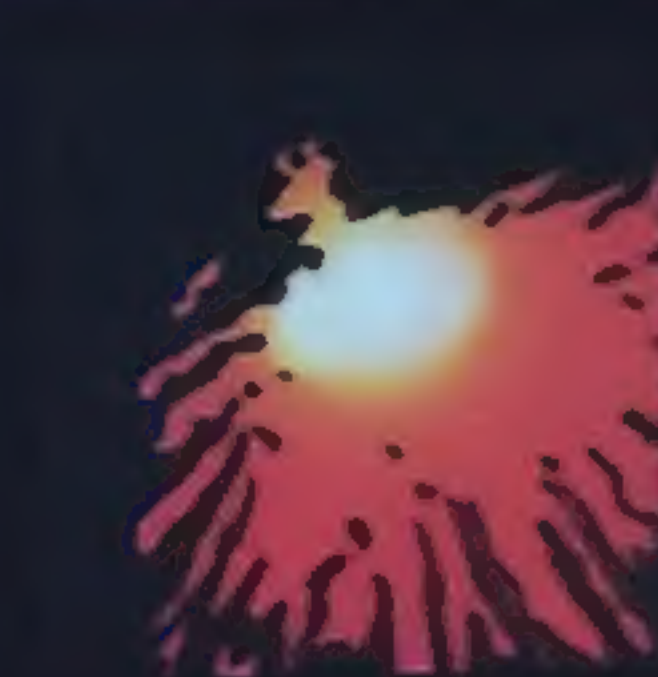
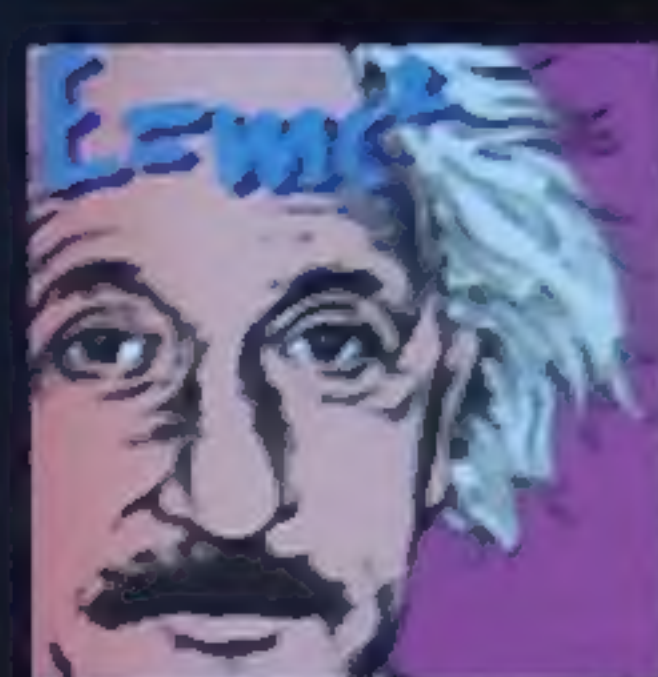


David Eliot Brody

Arnold R. Brody

descoperiri
epocale
ale științei și
autorii lor



David Eliot Brody

Arnold R. Brody

**ȘAPTE DESCOPERIRI
EPOCALE ALE ȘTIINȚEI
ȘI AUTORII LOR**

David Eliot Brody
Arnold R. Brody

**ȘAPTE DESCOPERIRI
EPOCALE ALE ȘTIINȚEI
ȘI AUTORII LOR**

Traducere: CONSTANTIN DUMITRU-PALCUS

**EDITURA ORIZONTURI
EDITURA SIRIUS**

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
BRODY, BRODY, DAVID ELIOT, ARNOLD R.

7 descoperiri epocale ale științei și autorii lor /
David Eliot Brody, Arnold R. Brody; trad.: Constantin
Dumitru - București: Orizonturi, 2005
ISBN 973-9342-96-5

I. Dumitru, Constantin (trad.)

008

Copyright © 1997 **THE SCIENCE CLASS YOU WISH YOU HAD**
by David Eliot Brody and Arnold R. Brody
Toate drepturile asupra acestei ediții în limba română
aparțin Editurii **ORIZONTURI**

B-dul Libertății nr. 4, bl. 117, et. 3, ap. 7, sector 4, cod 040128-București,
Tel: 337.48.81, 335.07.80, 0744.530.940, 0723.334.291; Fax: 337.48.22,
e-mail: lider@e-extreme.ro; site: www.trustul-lider.ro

Tipărit la C.N.I. „Coresi” S.A.

Cuprins

Cuvînt înainte	7
Introducere	9
Partea I. Gravitația și legile fundamentale ale fizicii	15
Revoluțiile	17
Pămîntul imobil	34
Principia	47
Partea a II-a. Structura atomului	57
Chimie adevărată	59
Salt cuantic	71
Iminența dezastrului	83
Partea a III-a. Principiul relativității	97
Filozof și om de știință	99
A patra dimensiune	110
Partea a IV-a. Big Bang-ul și formarea universului	129
Oul cosmic	131
Ecoul Creației	146
Marele scrîșnet	152
Partea a V-a. Evoluția și principiul selecției naturale	159
Rocile Creației	161
Amprenta de neșters a originii noastre	172
Cel ce a modelat peisajul	188
Deriva continentelor	206
Partea a VI-a. Celulele și genetica	217
Supa primordială	219
Măgele într-un șirag	239
Partea a VII-a. Structura moleculei de ADN	249
Coloana vertebrală a vieții	251
Genomul uman	269
Epilog: Sintează	283
Cronologie	298

Cuvînt înainte

În viziunea autorilor acestei cărți, știința poate fi asemănată cu o frumoasă tapiserie țesută din materiale diferite, dar prezentînd caracteristici comune ce ilustrează extraordinara diversitate a gândirii și creativității umane. Lucrarea se adresează deopotrivă cititorului ignorant în materie de știință, cît și omului de știință, reflectînd înzestrările deosebite ale unor personalități provenite din domenii diferite: un om de știință (Arnold Brody) și un avocat (David Brody). Setea lor de cunoaștere, simțul ascuțit al responsabilității sociale și harul literar se îmbină pentru a revela nu doar istoricul descoperirilor științifice, ci și aspirațiile și slăbiciunile protagoniștilor, în contextul social și climatul moral în care s-au produs descoperirile respective.

În această carte sînt prezentați șapte piloni ai gândirii științifice care acoperă cinci sute de ani – din epoca Renașterii pînă la mijlocul secolului XX. Maniera în care autorii descriu aceste descoperiri face ca știința și istoria științei să devină clare și ușor de înțeles. Aflăm astfel că planeta noastră este asemenea unui fir de praf într-un imens deșert; Soarele în jurul căruia ne rotim este o mică stea printre alte cîteva miliarde. S-ar putea ca viața să nu fi apărut pentru prima oară pe planeta Pămînt; n-ar fi exclus ca substanțele vitale din meteoriții care roiesc prin vastitatea spațiului să fi adus cu ele germenii vieții în timpul unei perioade fecunde a procesului de formare a planetei noastre din nori de gaz incandescent. Iar noi sîntem cu adevărat un produs evoluționist al hazardului, un eveniment ulterior în dezvoltarea organismelor multiceulare. Complexitatea formei și a funcțiilor nu este specifică doar ființelor omenеști, numai că în cazul nostru a evoluat și ne-a adus în stadiul de ființe raționale. Dar știința și rigorile gândirii științifice au apărut tîrziu pe parcursul dezvoltării noastre ca oameni, iar procesul a avut loc într-un interval care reprezintă abia o fracțiune din timpul de care a fost nevoie pînă la apariția primului hominid.

Această carte a fost scrisă cu puțin timp înainte de sfîrșitul mileniului. Ultima mare descoperire prezentată aici este structura moleculei de ADN, urmată îndeaproape de principiile de decodare, care demonstrează că această structură este depozitarul întregii informații codificate în materia vie. Acest eveniment extrem de important a dus la dezvoltarea biologiei moleculare, permițînd oamenilor de știință să descopere o mulțime de informații care pînă atunci rămăseseră ascunse.

În ultimii 50 de ani, în principal ca urmare a generozității guvernului american, a avut loc o extraordinară creștere și dezvoltare a cercetărilor din domeniul biologiei, susținută în foarte mare măsură de contribuțiile fizicienilor și chimiștilor. Una dintre urmările Holocaustului și ale dezordinii provocate de cel de-al doilea război mondial a fost migrația către Statele Unite a zeci și zeci dintre cei mai importanți oameni de știință europeni. Institutul Național pentru Sănătate (National Institute of Health) din Bethesda, Maryland, le-a susținut eforturile,

încurajînd pregătirea lor postuniversitară (doctorate în medicină și fiziologie) într-o atmosferă propice gîndirii creatoare și acțiunii. Datorită acestui sprijin deosebit a apărut un grup remarcabil de oameni de știință, bine pregătiți, cu o vastă perspectivă în domeniul biologiei și medicinei, oameni de știință care au umplut universitățile și facultățile de medicină americane. Europa Occidentală și Japonia, devastate de cel de-al doilea război mondial, n-au avut decît de beneficiat de pe urma pregătirii tinerilor oameni de știință în școlile americane și la Institutul Național pentru Sănătate. În consecință, a avut loc un uriaș proces de fertilizare încrucișată a ideilor pe tot globul pămîntesc, stimulînd ceea ce ulterior a devenit cea mai productivă perioadă din istoria fizicii și a biologiei. Din acest moment, cercetarea științifică se constituie într-un efort global, în care barierele intelectuale sînt inexistente, diferențele culturale se atenuază. Societatea oamenilor de știință este exemplul ideal al adevăratului spirit novator în materie de cunoaștere.

Paradoxal, succesul a atras după sine schimbări dramatice în lumea științei și a descoperirilor științifice. Oamenii de știință din toate țările dezvoltate se confruntă cu o plafonare sau chiar cu o diminuare a fondurilor publice alocate științei. Așa cum ilustrează această carte, descoperirile nu mai sînt apanajul cîtorva aleși. Formarea grupurilor de cercetare științifică, inițiativă adoptată din cauza scăderii fondurilor, a devenit o regulă. Oricum, trebuie să subliniem faptul că problemele cu care se confruntă știința sînt enorme. Numai în domeniul meu – comunicația biologică – au avut loc schimbări spectaculoase de percepție și cunoaștere, schimbări care sînt rezultatul cercetărilor efectuate de un număr relativ mic de oameni de știință. Ca urmare a acestor descoperiri fundamentale a fost revelată natura complexă a sistemului de comunicare din interiorul celulelor și organelor, aducînd în prim-plan copleșitoarea sarcină a integrării unei asemenea cunoașteri. Cu siguranță că această misiune va necesita un efort concertat, multidisciplinar, dacă ne vom propune să înțelegem cum operează sistemele de comunicare la nivel celular și la nivelul organelor. Este posibil ca un om de știință, de unul singur, oricît de strălucit ar fi, să nu poată oferi răspunsul. Efortul întregului grup poate duce, probabil, la rezolvarea celui mai misterios aspect al vieții – felul în care funcționează creierul, materia de bază a „minții”, precum și modul în care procesul de comunicare dintre celule și organe se îmbină cu informația genetică pentru a oferi o și mai solidă bază pentru teoria selecției naturale a lui Darwin.

Descoperirile din acest domeniu vor lua amploare atîta vreme cît oamenii de știință vor depăși limitele cunoașterii prin aplicarea unor sisteme complexe de investigare. Asta nu înseamnă că se apropie „sfîrșitul științei”, așa cum au sugerat unii. Adevărul poate fi efemer, dar Știința, Floarea Umanității, va dăinui atîta vreme cît spiritul uman va mai exista pe planeta noastră. De o manieră strălucită, autorii cărții familiarizează cititorul cu aspectele legate de sădirea semînteii acestei flori, povestea creșterii ei, dar și a vieții indivizilor extraordinari care au îngrijit-o, făcînd posibilă splendida înflorire a științei din secolul XX.

Martin Rodbell, Ph. D.

„Scientist emeritus”,

laureat al Premiului Nobel (1994)

pentru Medicină și Fiziologie

Introducere

Poate un om obișnuit să înțeleagă cu adevărat știința? Vrea omul de rînd să știe ceva despre știință? Este știința importantă pentru noi? Răspunsul la aceste întrebări este un DA răsunător.

Totuși, pentru mulți dintre noi, simpla amintire a orelor de fizică, de chimie și de biologie din liceu și din colegiu ne face să privim în gol. Ieșeam de la ore cu convingerea că știința este greoaie și abstractă și virtual imposibil de înțeles pentru omul de rînd. Atunci nu consideram necesar să înțelegem știința, care nu părea să aibă o relevanță imediată pentru viețile noastre. Dar pe măsură ce ne maturizăm și dăm piept cu lumea, ne trezim față în față cu calculatoarele sofisticate și cu frecvente articole de ziar consacrate unor subiecte științifice – harta codului genetic uman, clonarea, copiii concepuți în eprubetă și descoperirea, în august 1996, a posibilității existenței unor urme de viață pe Marte – pentru a numi doar cîteva dintre ele. Cunoașterea științifică a devenit, deodată, mai mult decît acceptabilă, dovedindu-se utilă, esențială, o parte inevitabilă a vieții noastre. Unii dintre noi am început să fim fascinați de știință prin anii '50 sau '60, cînd Uniunea Sovietică a lansat primul satelit artificial (*Sputnik*) sau cînd Neil Armstrong a făcut primii pași pe Lună – dovadă impresionantă a capacității omenirii de a aplica cunoștințele științifice pentru atingerea unui scop extraordinar. Alții au manifestat interes față de știință pur și simplu pentru că au fost martorii șirului nesfîrșit de noi cuceriri și invenții științifice care a avut loc de-a lungul anilor '70, '80 și '90: aterizările pe Venus, fibrele optice, descifrarea codului ADN, găurile negre, stațiile spațiale, microcipurile și computerele, microchirurgia, navetele spațiale, transplanturile de inimă, inima artificială, superconductivitatea, descoperirea altor sisteme solare și multe altele.

Nu trebuie să ai pregătirea teoretică a unui fizician pentru a fi impresionat de explorarea spațiului sau pentru a fi curios să afli dacă există ori nu viață pe Marte, ori cum a apărut universul. Nu e necesar să fii biochimist pentru a manifesta interes față de procesele fundamentale ale vieții. Este imposibil ca asemenea probleme să nu-ți stîrnească curiozitatea. Cunoașterea științifică și descoperirile științifice sînt mult prea interesante pentru a fi lăsate numai în seama oamenilor de știință.

Cele mai mari șapte descoperiri științifice din istorie...

Toate aceste cuceriri și invenții tehnologice fenomenale cărora le-am fost martori și pe care le-am experimentat în ultimele decenii au o trăsătură

comună: *ele au devenit posibile ca urmare a descoperirilor fundamentale din domeniile fizicii, chimiei, biologiei (și a subdisciplinelor lor) făcute în ultimele patru secole.* Această carte evidențiază cele mai mari descoperiri – șapte descoperiri atât de profunde încât stau la baza a aproape tot ceea ce a reușit umanitatea să înțeleagă în materie de știință.

1. Gravitația și legile fundamentale ale fizicii
2. Structura atomului
3. Principiul relativității
4. Big Bang-ul și formarea universului
5. Evoluția și principiul selecției naturale
6. Celula și genetica
7. Structura moleculei de ADN

Aceste descoperiri sînt legate de *ceea ce există*, nu de ceea ce a fost inventat, modificat sau dezvoltat de omenire, cum ar fi navetele spațiale, insecticidele ori descoperirea penicilinei. *Nu* e vorba despre o examinare a microcipurilor sau computerelor. Dar *este* o analiză a felului în care au apărut universul și toate formele de viață, a modului în care funcționează și a elementelor constitutive, de la cea mai mică particulă elementară pînă la cea mai mare și depărtată galaxie.

Noi nu formulăm și nici nu răspundem la întrebarea *de ce* există universul sau viața. Așa cum spunea celebrul fizician Stephen Hawking, pentru a răspunde la această întrebare ar trebui să cunoaștem „gîndirea lui Dumnezeu“. Și nu întrebăm nici *ce ar trebui* să fie, deoarece nici această chestiune nu e de domeniul științei. Putem lăsa astfel de întrebări în seama filozofilor.

Selecția acestor descoperiri se bazează pe o combinație de criterii care cuprind opinii ale învățaților și experților în știință și istoria științei. Cele șapte descoperiri alcătuiesc fundația care susține enormul corp al cunoașterii științifice edificat ulterior. Fără înțelegerea fizicii n-ar exista călătorii pe Venus și nici navete spațiale. Dacă n-am fi cunoscut structura și „funcționarea“ atomului, nu ar fi existat centralele nucleare și nici pericolul unui război atomic. Dacă nu ar fi fost descoperite principiile geneticii, producțiile agricole și rezervele de hrană ale lumii s-ar fi redus considerabil. Fără o adevărată înțelegere a moleculei de ADN nu ar mai exista premisele descoperirii unui tratament pentru boala Parkinson, pentru anemia cu celule în seceră sau hemofilie. Orice cucerire științifică marchează o nouă epocă în cunoașterea științifică, provocînd adesea numeroase dezbateri și controverse etice și filozofice. Aceste descoperiri au reușit nu numai să descătușeze resursele intelectuale și materiale ale lumii moderne, dar au avut un impact uriaș asupra vieții noastre de zi cu zi.

Primele patru din cele șapte descoperiri se ocupă în primul rînd de fizică, în sensul strict al cuvîntului, și astronomie. Ultimele trei privesc

biologia, cu domeniile sale de legătură și subdisciplinele (cum ar fi medicina și biochimia). Subiectul și conceptele implicate de aceste descoperiri sînt imposibil de văzut cu ochiul liber (atomul, celula, ADN-ul), sau sînt incredibil de abstracte (în cazul gravitației și relativității), întruchipează și reflectă un eveniment colosal (Big Bang-ul) ori un proces de o durată inimaginabilă (evoluția). Pentru că aceste descoperiri nu pot fi văzute direct, sînt prea abstracte, acoperă un spațiu enorm sau o durată de timp uriașă, ele intră în conflict cu experiențele noastre de zi cu zi, cu percepția comună a oamenilor. Din această cauză, nici comunitatea științifică, nici marele public nu au conștientizat semnificația acestor descoperiri la vremea la care au fost făcute; fiecare dintre ele și-a dobîndit măreția abia după o investigație atentă.

Pentru a înțelege pe deplin cum au apărut și cum s-au dezvoltat universul și viața pe această planetă, trebuie să renunțăm, în fiecare dintre aceste cazuri, la unele păreri și prejudecăți despre știință și viață – să renunțăm la ceea ce considerăm că este bunul-simț. În zilele noastre, cel mai mare obstacol pentru o asemenea înțelegere deplină este așa-zisa „înțelepciune” din trecut. Sîntem aruncați „aici și acum”, în secolul XX, cu toate miturile și jumătățile de adevăr pe care le-am tîrît după noi din cele mai vechi timpuri, în pofida complexului context social și cultural care s-a dezvoltat pe parcursul ultimelor milenii. Acest conglomerat de credințe și cultură își are originea mult înaintea *oricărei* descoperiri științifice – înainte ca cineva să posede cunoștințele necesare pentru a răspunde la întrebările profunde despre creația universului și a vieții, înainte de a fi descoperit Big Bang-ul sau principiul evoluționist și înainte de a fi recunoscut distincția clară dintre conceptele bazate pe creativitate sau pe imaginația noastră fecundă și conceptele bazate pe realitate.

Studiul științei trebuie abordat fără prejudecăți. Nu poți să înțelegi pe deplin conceptul gravitației pînă cînd nu îți dai seama că diferența dintre un obiect care *cade* și unul care este *atras* de pămînt este mai mult decît o simplă chestiune de semantică. Aceeași forță care ne ține cu picioarele pe Pămînt este cauza rotirii Pămîntului în jurul Soarelui. Acceptarea principiilor de bază ale științei va schimba punctul dumneavoastră de vedere asupra vieții universului și a speciei umane. De exemplu, înțelegerea evoluției oferă o perspectivă cu totul nouă asupra bătăliilor și conflictelor declanșate de-a lungul istoriei din cauza diferențelor fizice și culturale dintre oameni – o perspectivă care tinde să distrugă aceste bariere.

...și oamenii care le-au făcut

Această carte prezintă, de asemenea, succesele și tragediile, viețile și motivațiile oamenilor extraordinari implicați în cele șapte descoperiri. Recunoaștem contribuția a sute de oameni, însă considerăm că meritele principale aparțin unui număr de zece personalități.

1. *Gravitație și fizică*
ISAAC NEWTON

2. *Atom*
ERNEST RUTHERFORD
NIELS BOHR

3. *Relativitate*
ALBERT EINSTEIN

4. *Big Bang*
EDWIN HUBBLE

5. *Evoluționism*
CHARLES DARWIN

6. *Celula și genetica*
WALTER FLEMMING
GREGOR MENDEL

7. *ADN*
FRANCIS CRICK
JAMES WATSON

Atitudinea, personalitatea și voința lor neabătută, laolaltă cu ideile lor, au condus la realizarea acestor descoperiri. De exemplu, în anul 1543, Copernic a publicat cu unele ezitări cartea în care afirma că nu Pământul, ci Soarele se află în centrul universului. Această idee a provocat o revoluție în gândire, revoluție care a continuat pînă în secolul următor, stîrnind o mulțime de controverse. Galileo Galilei, matematician, astronom și fizician italian, a petrecut ani de zile încercînd să dovedească adevărul teoriei lui Copernic. Cînd Galilei a publicat această dovadă în anul 1632, în cartea *Dialog despre cele două sisteme principale ale lumii*, Biserica l-a acuzat că a încălcat interdicția de a propovădui învățăturile lui Copernic și a declarat că această carte reprezintă o erezie. În cele din urmă, Galilei a fost obligat să-și retragă cuvintele în public și să se angajeze că nu va mai răspîndi învățătura lui Copernic, în caz contrar riscînd să fie torturat și ars pe rug.

Isaac Newton, părintele fizicii, a condus lumea în următoarea eră științifică. El s-a născut în 1642, anul în care a murit Galilei. Mai tîrziu, în același an, a murit și tatăl lui Newton, iar pruncul a fost lăsat de mama sa în grija bunicilor. După mai mulți ani, în timpul mării ciume din Londra, Newton s-a retras în lumea sa secretă din Woolsthorpe, Anglia, unde a inventat calculul diferențial și a conceput teoria gravitației universale, pe care nu o va încredința însă tiparului vreme de douăzeci de ani. Opera lui Newton a fost în cele din urmă făcută publică în anul 1687 în cartea sa numită *Principia*, considerată a fi cea mai mare operă științifică din toate timpurile scrisă de un singur autor. La fel ca orice altă schimbare fundamentală în gândire, această nouă idee numită gravitație a fost cu greu acceptată. „Nu ai explicat de ce acționează gravitatea“, l-au acuzat ei. Astfel, precum Copernic, Galilei și alți predecesori și succesori, Newton s-a văzut nevoit să lupte pentru afirmarea gândirii raționale.

La mijlocul secolului al XIX-lea s-a iscat o bătălie monumentală pe tărîmul biologiei, în care Charles Darwin a devenit comandant general.

Abordase o problemă care nu mai făcuse niciodată obiectul unei metode științifice de investigație: conceptul de viață în sine, originea și evoluția biologia și materia organică, în locul depărtatelor și neînsușitelor orbite studiate de Copernic, Galilei și Newton. Din cauza elementului emoțional al subiectului cercetărilor lui Darwin, acest gentleman englez s-a trezit în mijlocul celei mai aprinse controversă a secolului al XIX-lea, controversă care continuă și în secolul XXI, de la procesul maimuțelor intentat lui Scopes în anul 1925 până la dezbaterile aprinse din zilele noastre referitoare la creaționism și evoluționism.

În multe cazuri, forțele sociale și politice cu care s-au confruntat acești oameni de știință au influențat și adesea au împiedicat recunoașterea importanței descoperirii lor. Nu știința le-a adus celebritatea acestor oameni. De fapt, ei au fost cei care au făcut știința. Au făcut istorie și în același timp știință, pentru că aceste două discipline sînt strîns legate, laolaltă cu factorii economici, politici, militari și religioși care dau coerență civilizației.

Da, știința poate fi fascinantă. Aceste șapte descoperiri au culminat acum, în timpul vieții noastre, cu cea mai incredibilă și mai răspîdită revoluție tehnologică imaginabilă. Indiferent de atitudinea noastră față de ea, sîntem înglobați în această revoluție și în cultura pe care a creat-o, cu excepția celor care trăiesc în peșteri. Dar chiar și acolo poți avea televiziune prin cablu sau telefon mobil. Prin urmare, da, știința nu este doar fascinantă, ea are o mare importanță pentru noi fiindcă a devenit o parte din viața noastră. „Epoca actuală reprezintă o răscruce majoră pentru civilizația noastră și probabil pentru întreaga specie umană“, scria Carl Sagan în *Cosmos*. „Pe orice drum am porni, soarta noastră este indisolubil legată de știință. Înțelegerea științei este un lucru esențial, este pur și simplu o chestiune de supraviețuire.“ A cunoaște știința înseamnă a cunoaște viața. Înseamnă un plus de confort în viața de zi cu zi și folosirea științei și tehnologiei pentru a ne atinge scopurile. Știința este o parte din moștenirea noastră culturală. Ea este pentru mase, nu doar pentru intelectualii închiși în turnul lor de fildeș.

Avem marea șansă că trăim în această palpitantă perioadă de tranziție, unică de-a lungul istoriei, o perioadă de trecere de la ignoranță la cunoaștere, de la întrebări la răspunsuri, de la mirare la înțelegere. Pe măsură ce ne apropiem de sfîrșitul secolului se ridică ceața pentru a le dezvălui oamenilor de la cumpăna dintre milenii ceea ce alții dinaintea noastră nu au știut niciodată. Acesta este obiectivul cărții *Lecția de știință*. Concentrîndu-ne asupra celor mai mari descoperiri din istorie și a oamenilor care le-au înfăptuit, nădăjduim să facem știința mai interesantă și pe înțelesul tuturor, să depășim tabuurile și prejudecățile personale.

Răspundem încă o dată întrebării puse la început: *E capabil un om obișnuit să înțeleagă marile descoperiri științifice?* Pe parcursul întregii

cărți abia dacă vom întâlni câteva formule și ecuații, cum ar fi cea a lui Einstein, $E = mc^2$. Cartea pune în discuție concepte și idei, nu probleme de algebră și calcul diferențial. Însuși Einstein a spus: „Toată știința nu este nimic altceva decât o sublimare a gândirii de zi cu zi“. Descoperirile științifice au la bază un cadru matematic, însă cuvintele sînt de ajuns pentru a le descrie. Înțelegînd esența celor șapte descoperiri prezentate în paginile următoare și rolul jucat de oamenii de știință care le-au realizat veți deveni conștienți de un lucru surprinzător atît pentru dumneavoastră, cît și pentru profesorii dumneavoastră de fizică, biologie și chimie din liceu. Aceasta este lecția de știință pe care ar fi trebuit să o predea. În sfîrșit, după atîția ani, ați descoperit cartea de care aveți nevoie. Aceasta este lecția de știință la care ați vrut să participați.

Partea I



Gravitația și legile fundamentale ale fizicii

Renașterea a atras după sine moartea lentă a ideilor filozofice ale antichității. Pe măsură ce Copernic, Tycho și Kepler au demonstrat caracterul eronat al teoriilor lui Aristotel și Ptolemeu despre univers, oamenii au înțeles că Pământul nu se află în centrul universului și că, de fapt, se mișcă în jurul Soarelui. Dar rațiunea a avut de înfruntat forțele politicii și ale puterii. Astfel, întrucât au pus la îndoială învățăturile strict aristotelice ale Bisericii Romano-Catolice, Giordano Bruno a trebuit să plătească cu viața, iar Galileo Galilei cu libertatea.

Apoi, spre sfârșitul secolului al XVII-lea, Isaac Newton a descoperit și a descris legea gravitației universale și legile fundamentale ale fizicii clasice, înregistrând ceea ce avea să fie considerată cea mai mare realizare intelectuală a unui singur om din întreaga istorie a omenirii. Fiecare particulă de materie atrage gravitațional oricare altă particulă de materie cu o forță care este cuantificată în formula matematică descoperită de Newton. La fel ca toate corpurile masive care sînt alcătuite din asemenea particule, Soarele atrage toate planetele din sistemul nostru solar, iar Pământul atrage Luna. Dacă ați scăpa din mînă această carte, Pământul ar atrage-o cu aceeași forță invizibilă.

Gravitația universală, legile mișcării și celelalte legi cantitative descoperite de către Newton au marcat începuturile fizicii moderne și au constituit paradigma pe baza căreia s-a edificat o mare parte din știința modernă. Rațiunea a triumfat, iar lumea s-a schimbat pentru totdeauna.

Capitolul 1

Revoluțiile

„Orice revoluție... începe cu un act bine definit, menit de regulă să pună capăt anumitor practici corupte și să restaureze ceea ce unii conservatori radicali își imaginează că ar fi starea de lucruri primordială.”

CHARLES C. GILLISPIE
La limita obiectivității (1960)

„Dacă ești un călător de cursă lungă... poți să te călăuzești după formele de relief – munți și râuri, clădiri... Însă... pustietatea și monotonia mării... îi determină pe marinari să caute reperele pe cer, călăuzindu-se după soare, după lună și stele... Au căutat semne pe cer pentru a le folosi drept marcaje maritime. Nu este de mirare că astronomia a devenit un instrument al marinarilor, iar era lui Columb a prefigurat-o pe cea a lui Copernic.”

DANIEL J. BOORSTIN
Descoperitorii (1983)

Moartea Neagră ucide milioane de oameni și amenință cu reîntoarcerea la Evul Mediu

Cercuri perfecte și sfere de cristal

În vara anului 1347, Europa a fost lovită de cea mai devastatoare molimă suferită vreodată de omenire – ciuma bubonică și pneumonică provocată de bacteria secretată de căpușele de șobolani. A rămas cunoscută sub numele de Moartea Neagră, deoarece carnea putredă a victimelor se înnegrea cu câteva ore înainte de moarte. Molima s-a declanșat în China și a fost transmisă europenilor într-o timpurie versiune grotescă a războiului biologic, atunci când o armată Kipchak (un trib din Imperiul Mongol) a atacat un fort comercial genovez folosind catapulte uriașe pentru a azvîrli cadavrele ciumașilor peste ziduri, în oraș. În cartea sa *Moartea Neagră*, istoricul Philip Ziegler descrie următorii pași:

Imediat ce trupurile putrede ajungeau în mijlocul lor, genovezii le cărau prin oraș și le aruncau în mare. Însă puține locuri sînt atît de vulnerabile la îmbolnăviri precum un oraș asediat. Locuitorii și-au dat seama că, și în cazul în care ar fi supraviețuit ciumei, ar fi rămas

prea puțini pentru a rezista unui nou asalt al tătarilor. S-au dus la galere și au plutit pe Marea Neagră către Mediterana. Ciurma călătorea cu ei.

În următorii patru ani, molima s-a răspândit inițial prin porturile Mediteranei, în Sicilia, Africa de Nord, Italia, Spania, Franța, Anglia și în cele din urmă în întreaga Europă. Primele simptome au fost tremurăturile, voma, durerile de cap, amețea, fotofobia, dureri de spate și membre și în final delirul. Conform mărturiilor din acea perioadă, Ziegler descrie semnele fizice și caracteristicile epidemiei drept furuncule „în regiunea inghinală și a subsuorilor, ajungând uneori la mărimea unui măr“, după care „începeau să se răspândească în toate direcțiile... un semn al morții care se apropie“. În momentul în care erau infectați plămînii, victima nu mai avea de trăit decît două zile. În alte cazuri, boala dura luni de zile. Ziegler scrie:

„Totul era dezgustător, astfel încît bolnavii stîrneau mai degrabă silă decît milă; ... toate materiile care ieșeau din corpurile lor — transpirația, excrementele, saliva, respirația — emanau un miros insuportabil; urina era tulbure, neagră sau roșie.“

În efortul de a controla boala, oamenii aprindeau focuri în aer liber, despre care se credea că dezinfectează aerul, făceau demonstrații de penitență și recurgeau la persecutarea minorităților religioase. 25 de milioane de suflete au prezentat aceste simptome și au pierit — o pătrime din populația Europei acelei vremi; pe alocuri, numărul morților a depășit 60 de procente din populație. Și asta nu a fost tot. Au urmat cinci recidive în secolul al XIV-lea; va fi nevoie de două veacuri pentru ca populația Europei să ajungă din nou la 100 de milioane de locuitori.

Nouă sute de ani mai devreme, după căderea Imperiului Roman din secolul al V-lea, Biserica Romei devenise centrul creștinismului occidental. Începînd din anul 1300 a crescut autoritatea Bisericii în Europa, aceasta implicîndu-se în alegeri, în conflictele internaționale și în toate aspectele vieții laice. În Italia, Biserica și-a asumat sarcina reîntronării ordinii în orașele-state care fuseseră separate din considerente politice și economice. Succesul repurtat a consolidat autoritatea papală, iar în vremea Morții Negre, Biserica Romano-Catolică și-a întărit puterea. Întorcîndu-se către religie pentru ajutor și pentru mîntuirea sufletului, laicii au devenit mai pioși, iar moralitatea mai rigidă. Aveau loc atacuri politice și fizice mișelești împotriva musulmanilor și a evreilor din Europa, care erau obligați să aleagă între religia creștină sau moarte. Cei mai mulți au optat pentru convertire.

Devastatoarea Moarte Neagră a marcat sfîrșitul prosperității și optimismului care dominaseră Europa deceniilor precedente. S-a instaurat brusc

un climat de teamă și anxietate, iar continentul a fost zguduit de un lung sir de tulburări politice și sociale. Deoarece o mare parte a forței de muncă fusese răpusă de ciumă, cîmpurile au rămas nelucrate. Șerbii ieșiseră de sub controlul stăpînilor, astfel încît costul forței de muncă crescuse simțitor. Eforturile de a reduce aceste costuri au condus la izbucnirea Răscoalei Tărănești din 1381. A apărut penuria de mărfuri, iar economia, aproape în întregime dependentă de agricultură, a intrat într-o perioadă de criză. A rezultat un haos economic și politic, Europa fiind amenințată cu reîntoarcerea în Evul Mediu Întunecat care dominase civilizația occidentală în anii 450–750.

În timpul Morții Negre universul fizic era definit de principiile stabilite de filozoful grec Aristotel (384–322 î.Hr.) și de astronomul egiptean Claudius Ptolemeu (100–170 d.Hr.). Peste secole, aceste principii aveau să fie revizuite potrivit cu interpretarea medievală adoptată de Biserică, conform căreia Dumnezeu a așezat cerurile într-o perfectă și eternă mișcare circulară. Lumea noastră, alcătuită din cele patru elemente (pămînt, aer, foc și apă) era amplasată în centru. Cerul se compunea din opt sfere cristaline concentrice, constituite dintr-un material imuabil, precum și din celelalte corpuri cerești, care erau purtate și susținute de aceste sfere. O sferă susținea Soarele, o alta Luna, alte cinci sfere separate sprijineau fiecare cîte o planetă din cele cunoscute la acea vreme, în afară de Pămînt (Marte, Mercur, Jupiter, Venus, Saturn), iar cea de-a opta sferă susținea toate stelele. Materia de pe Pămînt era supusă degradării și morții, în timp ce restul Universului se menținea perfect și neschimbat.

Ideile despre univers ale lui Aristotel și Ptolemeu au avut în cele din urmă un impact care s-a extins mult dincolo de o aproximativă descriere fizică a lumii naturale. Pe baza acestei viziuni asupra realității s-a dezvoltat un ansamblu elaborat și bine susținut de credințe naturale. Astrologia se afla în centrul acestui sistem de gîndire. Timp de secole, astrologii – precum și regii, reginele și împărații care țineau seama de sfaturile lor – au privit în înaltul cerului pentru a determina așezarea, „influența” și „caracterul” acestor corpuri cerești, elemente ce înrîureau activitățile de zi cu zi. Ca urmare, viețile a milioane de oameni, conduși de astfel de lideri care au dominat cea mai mare parte a perioadei medievale, erau afectate de viziunea lui Aristotel și Ptolemeu asupra universului.

„Planeta”	Română	Franceză	Italiană	Spaniolă	Engleză
Soare	duminică	dimanche	domenica	domingo	Sunday
Lună	luni	lundi	lunedì	lunes	Monday
Marte	marți	mardi	martedì	martes	Tuesday
Mercur	miercuri	mercredi	mercoledì	miércoles	Wednesday
Jupiter	joi	jeudi	giovedì	jueves	Thursday
Venus	vineri	vendredi	venerdì	viernes	Friday
Saturn	sîmbătă	samedi	sabato	sábado	Saturday

Pînă și compartimentarea arbitrară a timpului în grupuri de cîte șapte zile este rezultatul direct al acestei concepții antice despre corpurile cerești. Începînd cu perioada Imperiului Roman, în urmă cu două mii de ani, fiecare zi era dedicată uneia dintre cele șapte „planete“, printre acestea fiind incluse Soarele și Luna, nu însă și Pămîntul. Ordinea specifică a acestor zile ale săptămînii nu se stabilea în funcție de distanța lor pînă la Pămînt, ci de „influența“ exercitată de fiecare planetă asupra treburilor lumești. O dată instituționalizate de astrologie, zilele săptămînii primesc numele „planetelor“ încă de pe vremea Romei antice. Așa cum am arătat mai înainte, această legătură este în continuare evidentă în limba engleză, și chiar mai mult în alte limbi.

Înlănțuirea artificială de șapte zile, fără nici o legătură cu mișcarea regulată a corpurilor cerești, era rezultatul imaginației. Cu toate că reprezenta o încercare de a găsi o regularitate, prin care ideea că oamenii sînt influențați de forțe invizibile care acționează de la distanțe mari, tentativa de a figura în acest fel universul era lipsită de orice fundament.

Superstiția și astrologia făceau legea. Magia, vrăjitoria și alchimia erau la mare preț. Știința nu exista.

Nevoile comerciale stimulează revoluția științifică

Johann Müller și epiciclurile

La începutul secolului al XV-lea în Europa au apărut primele semne ale unei transformări impetuoase. Într-adevăr, epidemia de ciumă a reprezentat un imbold pentru a depăși cît mai curînd posibil această eră mizerabilă și a îngropa trecutul. Se pregătea scena înainte de a se inaugura un capitol nou și strălucit – Renașterea Europei, caracterizată de redescoperirea literaturii clasice, înflorirea artelor, creșterea interesului față de toate domeniile intelectuale. Renașterea a cuprins Revoluția Științifică, epoca explorărilor geografice în lumea largă și a eforturilor fără precedent pentru dezvoltarea tehnologiilor menite să înlesnească inițiativele economice și comerciale.

Italia a fost prima care și-a revenit complet după Moartea Neagră. Dat fiind faptul că țara lor avea o poziție ideală pentru schimburile comerciale dintre Europa și Orientul Apropiat, italienii s-au angajat hotărît în comerțul mondial încă din anii 1300, importînd mirodenii, parfumuri, mătase și alte mărfuri din Orient, pe care le comercializau în țările europene aflate mai la nord. În consecință, Italia a dezvoltat sisteme manageriale sofisticate, practici bancare și expertiza financiară, lucruri care au netezit calea către dominația ei comercială din anii 1400. Florența era privită drept lider mondial în operațiuni bancare și comerț internațional. De asemenea, remarcabila înflorire economică a Italiei care a urmat după perioada medievală i-a asigurat acestei țări un rol de prim rang în ceea ce privește

cercetarea științifică. Matematica era folosită în construcții, în navigație, în cartografiere și topometrie. Începînd din anii 1400, geometria, trigonometria și algebra au fost perfecționate și aplicate la o scară mai mare decît și-ar fi putut imagina cineva. În urmă cu șaisprezece secole, cîțiva filozofi greci sugeraseră că Pămîntul este rotund – un punct de vedere care a fost adînc îngropat de istorie de-a lungul Evului Mediu. Dar mulțumită lui Paolo Toscanelli (1397–1482), cosmograful italian care i-a pus la dispoziție lui Columb harta ce avea să-l călăuzească în prima sa călătorie, precum și noii generații de exploratori, printre care Columb, Vespucci și Magellan, oamenii au început să-și dea seama că Pămîntul nu este un disc format numai din Europa și Asia, ci o sferă acoperită din belșug de mări și oceane, iar ținuturile depărtate ar putea fi locuibile.

Concomitent cu folosirea matematicii în viața de fiecare zi și cu recunoașterea faptului că Pămîntul este rotund, au început să se schimbe ideile despre univers, inclusiv cele referitoare la mișcările Lunii, ale Pămîntului și celorlalte planete. Punctul inițial al acestei schimbări ar putea fi plasat în anul 1463, dar nu în Italia, ci în Germania, unde un astronom pe nume Johann Müller (1436–1476) a scris o carte, *Epitom*, apărută postum în 1496, în care sublinia slăbiciunile teoriilor geocentrice (cu Pămîntul în centrul universului) exprimate de Ptolemeu în *Almagest*. Müller a criticat cu precădere „epiciclurile” răsucite ale lui Ptolemeu, sau micile bucle ale orbitei fiecărei planete, necesare pentru a explica mișcarea acelor planete într-un univers în care Pămîntul continua să stătea nemișcat în centru. Cu toate că *Almagest* fusese scrisă cu peste 1300 de ani înainte, continua să influențeze părerea oficială cu privire la felul în care funcționa universul – unul din marile simboluri ale respectului neabătut pentru ideile susținute de Aristotel și Ptolemeu. Opera lui Müller a fost primul pas spre renunțarea la ideea că Pămîntul stă nemișcat în centrul universului, pregătind terenul pentru o revoluție în astronomie.

Copernic doboară geocentrismul și detronează omenirea

Dar unde este vîntul?

Știm că Pămîntul are nevoie de 365 de zile, 5 ore, 48 de minute și 46 de secunde pentru a înconjura complet Soarele. Vechii egipteni calculaseră că anul are 365 de zile și *un sfert* – însă era cu 11 minute și 14 secunde prea lung. Din această cauză, după ce Iulius Caesar a adoptat calendarul egiptean în secolul I d.Hr., a apărut, o dată cu trecerea anilor, o diferență între datele din calendar și anotimpuri, astfel încît la mijlocul secolului al XV-lea calendarul iulian era cu zece zile în urmă. Agricultorii și marinarii au atras atenția asupra acestei probleme. De asemenea, Biserica se baza în calcularea datei Paștelui pe echinocțiul de primăvară, fixat la

început pe data de 21 martie, dar care acum, ca urmare a acumulării erorilor avea loc în ziua de 11 martie.

În 1475, papa Sixtus al IV-lea i-a cerut lui Johann Müller să efectueze un studiu pentru a determina cauza exactă a acestei diferențe, dar întreprinderea lui s-a soldat cu un eșec deoarece nu dispunea de informațiile necesare. De fapt, era aproape imposibil să acumulezi informațiile cerute de un asemenea studiu în condițiile unui sistem astronomic dominat de Aristotel și Ptolemeu, în care Luna, Soarele și cele opt sfere cristaline se roteau în jurul Pământului nemișcat. Loialitatea față de Aristotel și Ptolemeu era piatra de temelie a stabilității sociale, chiar dacă reprezenta în același timp o piedică în calcularea corectă a datei Paștelui și în calea nașterii adevăratei științe.

Între timp, la Torun, în Polonia, creștea Nicolaus Copernicus (1473–1543), ultimul dintre cei patru copii ai unui negustor prosper. Copernic se simțea atras de numeroase domenii, era foarte înzestrat și studiasse în câteva școli din Italia – astronomia la Bologna, medicina la Padova și dreptul la Universitatea din Ferrara. Mai târziu a predat matematica, astronomia și medicina în diferite universități din Europa, dar și-a dedicat cea mai mare parte a timpului activității de preot canonic la mănăstirea poloneză Frauenburg, educația și cariera sa evoluând sub auspiciile Bisericii Catolice, așa cum se întâmpla cu majoritatea învățaților din perioada aceea.

În 1506, el a pus bazele unui sistem astronomic pornind de la propriile observații și calcule asupra mișcărilor corpurilor cerești. La fel ca Müller, Copernic și-a dat curînd seama de neconcordanța dintre teoriile universului geocentric ale lui Ptolemeu și observațiile sale. Pe de altă parte, Copernic știa că scrierile lui Ptolemeu erau în spiritul Bibliei, atestînd că Pământul s-ar roti în jurul axei sale sau în jurul Soarelui. Încă nu era cunoscut conceptul de gravitație, iar Copernic nu avea nici un argument convingător pentru a contrazice explicația aristoteliană universal acceptată, conform căreia căderea obiectelor pe Pământ s-ar datora faptului că materia este „în mod natural atrasă” de centrul universului, adică de Pământ. Copernic nu a încercat să explice de ce obiectele nu „cad” de pe Pământ pe Soare, dacă Soarele este de fapt centrul universului. Pe lângă aceasta, numărul celor pregătiți să acorde atenție unei teorii care scotea Pământul și umanitatea din centrul universului era foarte mic. Fusese unanim acceptat adevărul că Dumnezeu ne-a pus în centrul universului și pe cel mai mare corp ceresc, iar vanitatea, frica și Biblia impuneau să se acorde importanța cuvenită acestei corelații dintre amplasare și mărime.

În 1514, cînd a fost convocat de secretarul papei pentru a elucida aceeași problemă confuză a calendarului incorect, nerezolvată de Müller, Copernic s-a confruntat cu dilema reprezentată de încercarea de a explica propriile observații fără să scoată în evidență falsitatea ideilor populare sau sacre din acele vremuri. Disensiunile dintre catolici și protestanți au sporit vigilența

Bisericii în privința respectării învățăturilor ei, mărinind astfel riscul ca Nicolaus Copernic să fie acuzat de subminarea autorității Bisericii. Prin urmare, el a declinat invitația Bisericii, spunând că nu poate să explice motivul discrepantei calendarului atîta vreme cît relațiile dintre Pămînt, Soare și Lună nu sînt pe deplin înțelese. A continuat să-și dezvolte teoria în secret, timp în care a deținut numeroase funcții guvernamentale și ecleziastice – din 1519 pînă în 1521 a contribuit la reconstrucția episcopiei din Ermland (aflată acum în regiunea Warmia), în nordul Poloniei, a slujit ca intendent în această episcopie și a asigurat asistență medicală comunității, iar în 1522 a prezentat un plan de reformă a monedei locale.

Convins de acuratețea observațiilor sale și încurajat de prieteni, Copernic a publicat în 1530 un articol, *Commentariolus*, cuprinzînd o scurtă prezentare a teoriei sale potrivit căreia Soarele se află în centrul universului, ceea ce a stîrnit reacții dintre cele mai diverse. În următorii ani el și-a prezentat public descoperirile în timp ce colegii îl încurajau să publice întreaga descriere a heliocentrismului. În ciuda acestui sprijin și a aprobării neoficiale a teoriei de către papa Clement al VII-lea, Copernic a ezitat să o publice în întregime, deoarece încă nu-l trăgea inima să se confrunte față cu punctul de vedere general acceptat despre univers. În sfîrșit, în 1540, după multe insistențe din partea prietenilor, Copernic a fost de acord cu publicarea integrală a monumentalei sale opere, *De Revolutionibus Orbium Coelestium – Despre mișcările de revoluție ale corpurilor cerești*, numită de obicei *Revoluțiile*. Tîntuit la pat de apoplexie și paralizie, Copernic a primit un exemplar al cărții pe data de 24 mai a anului 1543, zi în care a și murit.

Împărțită în șase părți lungi, *Revoluțiile* oferă o explicație detaliată și o justificare a heliocentrismului. După ce afirmă că Pămîntul este sferic, lucru de care mulți se îndoiau, autorul discută despre imensitatea cerului. Copernic descrie apoi un sistem în care cele șase planete cunoscute pe vremea aceea sînt centrate în jurul Soarelui, nu al Pămîntului, care se învîrte pe orbită în jurul acestui „Dumnezeu vizibil”. În sistemul lui Copernic, orbitele planetelor rămîn cercuri perfecte pe sferele de cristal, fără să aibă actuala formă eliptică, deoarece măsurătorile erau încă primitive, adevăratele viteze, mărimi și distanțe în spațiu fiind total necunoscute. Copernic a dat prima explicație logică a motivului pentru care fiecare „planetă” (cuvînt derivat de la termenul grecesc pentru vagabond, rătăcitor) se mișcă pe orbită în jurul Soarelui în timpul unei revoluții, făcînd acest lucru fără numeroasele și inutilele epicheluri ale lui Ptolemeu, care nici măcar nu se potriveau cu conceptul sferelor de cristal. Modelul copernician al universului a explicat, de asemenea, de ce planetele, văzute de pe Pămînt, își schimbă poziția, în timp ce stelele par să rămîină fixate la locurile lor.

Revoluțiile au contribuit la rezolvarea problemei calendarului și au dezvăluit motivul pentru care teoriile lui Ptolemeu păreau a fi greșite. Cu

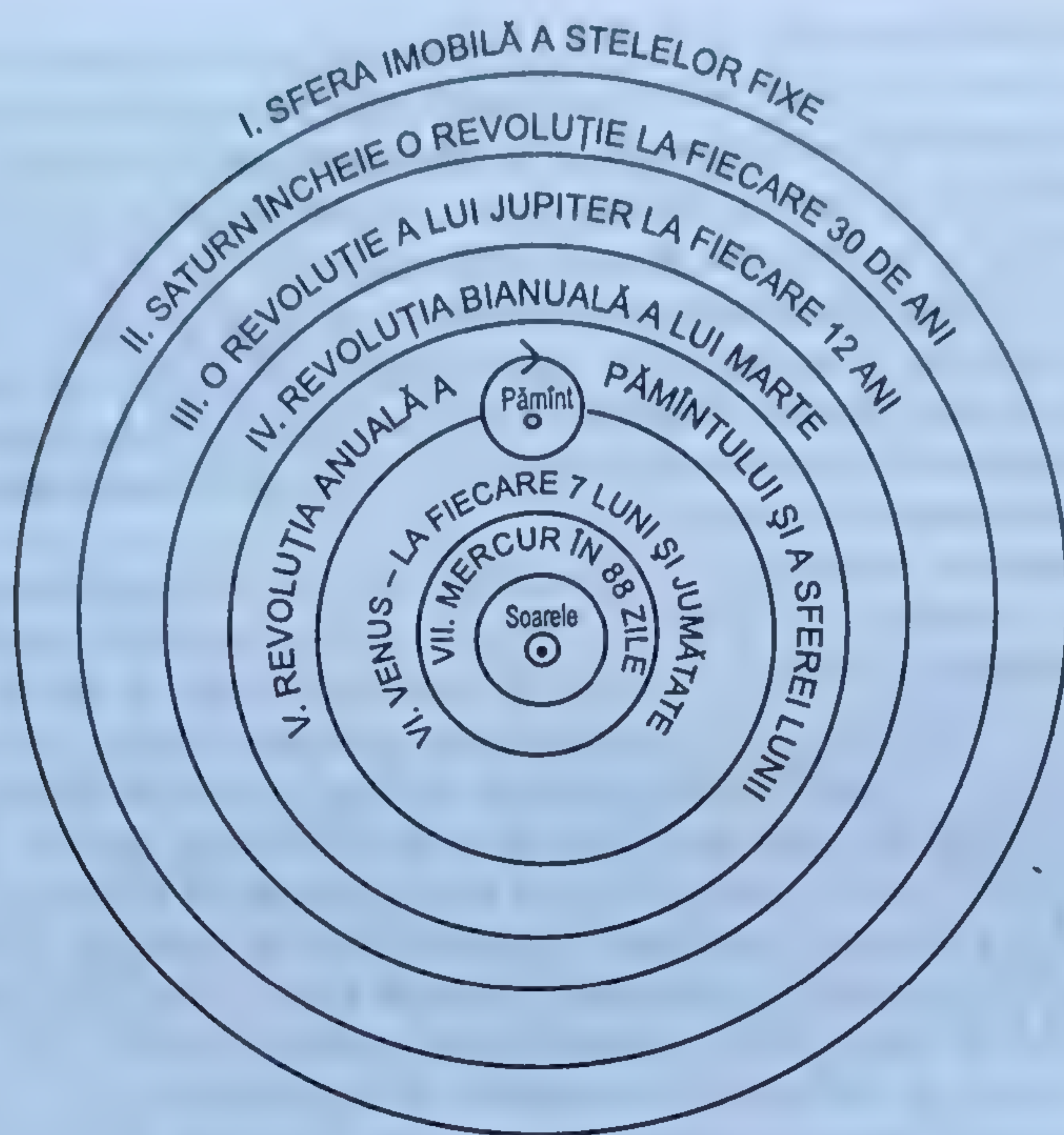


Figura 1-1. Sistemul solar – *Revoluțiile*

toate acestea, puțini oameni, printre care și astronomi, au adoptat teoria lui Copernic. În definitiv, el nu reușise să explice de ce această mișcare a planetelor nu stârnea un vînt puternic, de ce nu putea fi sesizată nici o schimbare de poziție a stelelor și de ce obiectele (și oamenii) nu erau azvîrlite de pe Pămînt pe suprafața Soarelui. De asemenea, teoria lui contrazicea Biblia. Deși Biserica nu l-a condamnat oficial pe Copernic atunci cînd a publicat *Revoluțiile*, a existat o reacție negativă din partea multor lideri religioși. Teologul german Philipp Melanchthon (1497–1560), care credea cu putere în astrologie și demonologie, a încercat să împiedice publicarea cărții. Reformatorul protestant Jan Calvin (1509–1564) a atras atenția asupra faptului că în Biblie se afirmă că lumea nu poate fi mișcată, iar predicatorul și teologul german Martin Luther (1483–1546) l-a condamnat pe Copernic, declarînd: „Nebunul va întoarce întreaga știință a astronomiei cu susul în jos”. Nici chiar cei mai înțelepți dintre oameni nu puteau încă să justifice detronarea Pămîntului de la rangul de centru al universului la cel de simplă planetă fără prea mare importanță. Prin urmare, în ciuda *Revoluțiilor* lui Copernic, Pămîntul a mai rămas o vreme în centrul Universului, iar sarcina de a adopta, de a perfecționa și de a extinde această teorie pînă la nivelul de adevăr incontestabil avea să revină altor astronomi și matematicieni liber-cugetători din perioada Renașterii.

Heliocentrismul propus de Copernic, laolaltă cu observațiile specifice asupra mișcărilor planetelor reprezenta un efort curajos de a separa astronomia de filozofie și de a o transforma într-o știință adevărată. Savantul a respins învățăturile aristotelice și ptolemeice referitoare la motivul pentru care corpurile cad la „locul lor natural“, a detronat omenirea și Pământul, iar în cele din urmă munca lui a dus la revizuirea conceptului omenirii despre univers – o schimbare fundamentală a modului de gândire cunoscut drept Revoluția Coperniciană. Această viziune profundă a avut drept rezultat și apariția unei noi conotații pentru termenul „revoluție“, care, pînă la Copernic, nu desemna decît mișcarea fizică a corpurilor cerești. Dar poate cea mai importantă realizare a sa a fost faptul că, pentru prima oară în istorie, el a introdus ideea că sistemul solar poate fi văzut și studiat ca o structură independentă față de stele.

În anul 1953, în discursul susținut cu ocazia împlinirii a 410 ani de la moartea lui Copernic, Albert Einstein a spus:

Copernic nu numai că a deschis calea astronomiei moderne; [el] a contribuit la realizarea unei schimbări decisive în atitudinea omului față de cosmos. O dată recunoscut faptul că Pământul nu este centrul lumii, ci doar una dintre planetele mai mici, iluzia importanței centrale a omului însuși devenea nejustificată. Astfel, prin opera și prin măreția personalității sale, Copernic i-a învățat pe oameni să fie modești.

Într-adevăr, așa cum profețise Martin Luther, Copernic a întors astronomia cu susul în jos. Cu toate acestea, el nu a fost cîtuși de puțin un nebun.

Tycho, primul mare observator astronomic, hărțile universului

Nevoia de busole și ceasuri

Revoluțiile au rămas la periferia gândirii astronomice, ca un orfan, neînsemnat și nedorit. Deși criticată de liderii ecleziastici, cartea nu a fost cenzurată oficial de Biserică, fiindcă romano-catolicii nu dezlănțuiseră încă lupta împotriva ereticilor și protestanților. Urmează un șir de evenimente care îl vor face nemuritor pe Copernic și vor da heliocentrismului o importanță care va depăși orice intenție a autorului. Mai întîi a fost eclipsa parțială de Soare din 21 august 1560, la șaptesprezece ani după moartea lui Copernic. Evenimentul fusese prezis de tabelele astronomice și nu avea nici o semnificație în sine, în afara faptului că a fost observat și de Tycho Brahe (1546–1601), care avea pe atunci treisprezece ani și era student la Universitatea din Copenhaga, în Danemarca, țara sa de origine. Eclipsa l-a impresionat atît de mult încît i-a schimbat întregul curs al vieții. Începuse

deja să studieze retorica și filozofia, pregătindu-se să urmeze tradiția aristocratică a familiei sale și să devină politician, dar a fost fascinat de posibilitatea oamenilor de a prezice asemenea evenimente. În curînd avea să fie preocupat de observarea planetelor, însă familia sa și autoritățile bisericești nu vor tolera o asemenea pasiune. Deși l-au obligat să-și continue educația generală și mai târziu studiile de drept urmate la diferite universități, Tycho, în secret, dedica din ce în ce mai mult timp pasiunii sale pentru observarea mișcărilor planetelor.

Dorința lui de a măsura cu acuratețe mișcările corpurilor cerești coincidea cu nevoia de precizie a Danemarcei în navigația oceanică și cu permanenta creștere a cererii de busole și ceasuri de precizie. Datorită receptivității sale crescute față de matematică, tehnologie și astronomie, Tycho a primit în cele din urmă permisiunea să-și dedice tot timpul observațiilor, fără să mai întâmpine dezaprobarea familiei și a celor de-o seamă cu el. Și-a definitivat studiile în anul 1572, la vîrsta de 26 de ani. După aceea, în seara zilei de 11 noiembrie 1572, Tycho a fost martorul unui alt eveniment astronomic care va reprezenta o piatră de hotar în istoria științei. El a observat lîngă constelația Casiopeea un obiect strălucitor care nu mai fusese niciodată acolo. Avea o strălucire atît de neobișnuită – mult mai mare decît aceea a lui Venus – încît era vizibil în plină zi. În decembrie a început să se stingă, dar a putut fi văzut pînă în luna martie a anului 1573. Chiar dacă de-a lungul istoriei mai existaseră relatări despre apariția unor noi corpuri cerești strălucitoare, oamenii continuaseră să adere la doctrina de bază aristoteliană conform căreia numai spațiul dintre Lună și Pămînt poate să se schimbe, cerul rămînînd neschimbat. Cu alte cuvinte, nu puteau lua naștere stele noi. În trecut se credea că aceste obiecte erau comete, iar acestea fuseseră localizate numai în regiunea dintre Pămînt și Lună, adică *înlăuntrul* sferei schimbării și declinului, fără a fi încălcate învățăturile lui Aristotel. Așadar, testul critic la care urma să fie supus acest nou obiect ceresc din anul 1572 era posibilitatea de a i se detecta mișcarea. Dacă se deplasa, reprezenta doar o nouă cometă. Dacă nu, ceva era putred în Danemarca și în restul universului.

De-a lungul perioadei de cîteva luni în care obiectul a fost vizibil, astronomii din Europa l-au cercetat cu rudimentarele lor mecanisme și tehnici de măsurare și au conchis că această nouă lumină era nemișcată. Și Tycho a observat și a măsurat fenomenul cu cel mai nou sextant, cel mai sofisticat cu putință, ajungînd la aceeași concluzie – trebuie să fie o stea, nu o cometă. Principiile lui Aristotel despre imuabilitatea cerului erau greșite. Cu toate astea, alchimistii și astrologii s-au grăbit să furnizeze propriile explicații ale apariției acestei nova. Se considera că este o cometă condensată din ridicarea vaporilor rezultați din păcatele omenești, compusă dintr-un praf otrăvitor care se va abate asupra omenirii, aducînd nenorocire, vreme rea și ciumă.

Așadar, lunga și dificila călătorie către Renaștere continua, în timp ce Tycho Brahe îi deplîngea pe „orbii observatori ai cerului” și scria o carte în care își detalia observațiile. Tycho nu s-a hazardat să anticipeze *cum* iau naștere stelele – au trecut cîteva secole pînă cînd oamenii de știință au reușit să determine procesul exploziv care provoacă apariția novelor. El s-a concentrat asupra efectuării unor observații precise și a făcut-o atît de bine încît în anul 1576 regele Frederick al II-lea al Danemarcei i-a dăruit domeniul său de 1000 de hectare, în insula Ven, care se întindea pe o suprafață de 3 mile în sudul orașului Copenhaga, pentru a construi și a conduce un observator pe cheltuiala statului danez. Tycho a transformat insula Ven într-un monument reprezentativ pentru stilul său grandios. Cu fonduri obținute de la stat, Tycho a construit o casă mare, observatorul, un laborator de chimie, ceasuri, cadrane solare, globuri, o moară de mălai, șaizeci de bazine de pescuit, grădini cu flori, un arboretum (grădină botanică), o moară de hîrtie, un atelier de legătorie, o moară de vînt și o pompă de apă, precum și alte invenții și dispozitive pentru observații care vor deveni adevărate minuni ale lumii. Acest complex extravagant, pe care l-a botezat Uraniborg (castelul ceresc), era deservit de o echipă de artizani care construiau instrumente, de astronomi profesioniști care studiau universul, de slujitori și de tot felul de alți lucrători necesari pentru susținerea acelei mici comunități. Tycho a petrecut următorii nouă ani la observator, distingîndu-se ca un pionier al observației științifice metodice. Toate acestea cu ochiul liber, pentru că telescopul încă nu fusese inventat!

Tycho Brahe nu a îmbrățișat niciodată pe de-a-ntregul ideile lui Copernic. Într-adevăr, propria sa concepție despre cer reprezenta o versiune modificată a geocentrismului, cuprinzînd ep cicluri similare cu cele ale lui Ptolemeu. Nu era un geniu creator, cu toate că a fost primul om care a aplicat matematica superioară în observațiile astronomice atunci cînd a făcut importanta descoperire că o cometă văzută în anul 1577 se mișca pe o orbită aflată dincolo de Lună. Locul său în istorie este asigurat de cartografierea stelelor și planetelor mult mai precisă decît oricare alta făcută pînă atunci, avînd drept rezultat revizuirea a aproape tuturor tabelelor astronomice existente la acea dată. A înțeles că astronomia are nevoie de informații precise – pentru calendar, pentru navigație sau pur și simplu de dragul cunoașterii. Nici măcar Copernic nu intuise importanța acestui principiu, el bazîndu-se pe datele lui Ptolemeu, ale astronomului grec Hiparh și ale altora, care erau departe de a fi precise. *Revoluțiile* înregistrează numai douăzeci și șase de observații. În schimb, Tycho a realizat zeci de mii de observații. Pînă la Tycho, accentul se punea pe teoria calitativă și filozofică, nu pe măsurători exacte. Opera lui Tycho a avut aplicații imediate în activitatea fermierilor, a navigatorilor și a ceasornicarilor, fiind privită ca o revelație a lucrării și planului lui Dumnezeu.

Dar pentru ca Tycho să devină o verigă importantă în lanțul astronomic/fizică, ducînd de la Copernic la Isaac Newton, era nevoie de o nouă și neașteptată adaptare a informațiilor sale extrem de precise. Era nevoie de un intelect mai puternic care să prelucrez datele lui Tycho și să descopere marile secrete ascunse în volumele sale. Pentru completarea poveștii pe care Tycho Brahe începuse să o scrie fără intenție cu instrumentele sale fantastice care măsurau mișcările Pămîntului, ale celorlalte planete și ale stelelor, mai trebuia făcut încă un pas.

Kepler caută marea schemă a Universului realizată de Dumnezeu și descoperă legile mișcărilor planetare

Un cîine rîios.... Cruste ale unor răni cronice și putrede și scale muzicale

„Să păstrăm tăcerea și să-l ascultăm pe Tycho“, scria strălucitul și excentricul Johannes Kepler (1571–1630). „Numai pe Tycho îl aștept; el îmi va explica ordinea și dispunerea orbitelor... Tycho a efectuat cele mai valoroase observații... Nu mai lipsește decît arhitectul care să pună toate acestea în funcțiune.“ Copernic a întors spatele lui Aristotel și Ptolemeu și a deschis ușa viitorului. Este ușa către lumina științei și a cunoașterii. Tycho a dovedit cît de justificat a fost gestul lui Copernic de a pune piciorul în prag, iar acum Kepler urma să facă primul pas, să treacă dincolo de prag. S-a născut în orașul german Württemberg cu un an înainte ca Tycho să observe nova inspiratoare. A crescut într-o familie de oameni săraci, sub oblăduirea unui tată iresponsabil, dar s-a distins ca un bun student, iar statul i-a susținut educația. El a lăsat un mare dar umanității, în special istoricilor și oamenilor de știință care au venit după el, sub forma unor scrieri prolifiche care s-au păstrat în cea mai mare parte pînă în zilele noastre. În însemnările, jurnalele și cărțile sale a scris despre toate aspectele vieții lui, incluzînd cronici detaliate despre copilărie și sănătate:

„M-am născut prematur, la treizeci și două de săptămîni...”

1575... Era să mor de variolă, am fost foarte grav bolnav, iar mîinile mele sînt din cale-afară de scheletice.

1577... De ziua mea mi-am scos un dinte legîndu-l cu o ață pe care am tras-o cu mîna mea.

1585–1586... De-a lungul acestor doi ani am suferit întruna de boli de piele, de dureri severe și ulcerații la picioare. La degetul mijlociu al mîinii drepte am avut un panarițiu, iar la mîna stîngă o puternică iritație.

1587... Pe 4 aprilie am avut un acces de febră.

1589 ... Am început să sufăr teribil de dureri de cap și de membre. Rîia m-a luat în primire... apoi a urmat o deshidratare.

1591... Frigul a adus cu sine o rîie prelungită...”

„Acest om are... un fel de a fi asemănător unui câine“, scria Kepler vorbind despre sine la persoana a treia. „Arată ca un cățeluș. Corpul lui este agil, vînos și bine proporționat... atît de flămînd încît înșfacă tot ce-i cade sub ochi... Caută întruna bunăvoința celorlalți... Conversația îl plictisește, dar întîmpină musafirii exact ca un cățeluș; totuși, dacă vrei să iei vreun lucrușor din fața lui mîrîie furios... Este malițios și sarcastic în relație cu semenii săi...“ Înclinația către introspecție și bolile lui erau atît de exacerbate încît dădeau impresia unei persoane care trăia mai degrabă prin aceste proiecții pe hîrtie decît în realitate. Notele din jurnal reprezentau un ritual intim, secret, care pare să fi fost un scut împotriva fundamentalei nefericiri care își avea originea în copilăria sa tulburată, nomadă, marcată de absența tatălui. Nesiguranța izvorîită de aici l-a îndboldit către o viață tumultuoasă și intensă, pe care el a perceput-o ca pe un șir nesfîrșit de confruntări, întrebări și probleme.

Prea puțină stîmă de sine și marea sa vulnerabilitate erau ascunse sub aparența agresivității și a aroganței: „Acestui om i-a fost hărăzit prin naștere să petreacă multă vreme rezolvînd sarcini dificile, de la care alții se dau în lături“, spune el despre sine. „În filozofie, a citit texte de Aristotel... A explorat diverse domenii ale matematicii ca și cum ar fi fost primul om care face acest lucru... A purtat dispute cu oameni din toate profesiile, spre folosul minții sale...[și] a apărut opiniile lui Copernic...“

Cu toate că *Revoluțiile* lui Copernic, apărute cu o jumătate de secol în urmă, începuseră să convingă oamenii că Soarele se află în centrul universului, în ultimul deceniu al secolului XVI-lea persistau vechile credințe astronomice: *cer imuabil, cercuri perfecte, armonie celestă, armonie matematică și mișcare uniformă*. Nu peste mult timp, Kepler va juca un rol important în dezrădăcinarea acestor credințe. Geometria avea pentru Kepler o semnificație aparte, deoarece, așa cum scria el, geometria „a existat înainte de Creație. Ea este la fel de eternă ca și mintea lui Dumnezeu... Geometria i-a oferit lui Dumnezeu un model pentru Creație... Geometria este însuși Dumnezeu“. Combinația dintre imaginea unui univers conform viziunii antice grecești și principiile de bază ale geometriei reprezintă piatra unghiulară a teoriei lui Kepler.

În prima parte a vieții își exprimase în scris convingerea că opera sa era destinată a revela mari adevăruri despre univers. Această autodeclarată întîlnire cu destinul a fost subiectul multora dintre voluminoasele sale scrieri. Și asta în pofida faptului că nici un criteriu obiectiv nu oferea vreo bază pentru o asemenea predicție. Mulți astronomi și matematicieni contemporani cu el erau mai inteligenți, mai bine educați și dețineau posturi mai înalte, avînd șanse sporite să atingă măreția în virtutea statutului social și datorită personalității lor charismatice. Cu toate acestea, în ziua de 9 iulie a anului 1595, în timpul cursului de matematică și astronomie din orașul austriac Graz, Kepler a avut revelația faptului că descoperise

secretul universului. „Nu voi putea descrie niciodată în cuvinte“, se va destăinui mai târziu, „starea de încântare care a urmat acestei descoperiri.“ Era vorba de elaborarea unui concept care se dezvoltase de-a lungul secolelor precedente, anume că universul este construit în jurul anumitor figuri geometrice simetrice. El a început cu forme bidimensionale. „Triunghiul este prima figură geometrică“, afirmă Kepler. „Imediat am încercat să înscriu în intervalul dintre Jupiter și Marte un pătrat, între Marte și Pământ un pentagon, între Pământ și Venus un hexagon...“ Apoi el a extins această teorie la singurele cinci corpuri solide care pot fi construite astfel încât fiecare față a lor să fie un poligon identic – așa-numitele „corpuri solide perfecte“ (cubul, tetraedrul, octaedrul, dodecaedrul și icosaedrul), despre care spunea că ocupă orice spațiu dintre cele șase planete cunoscute pe atunci (Mercur, Venus, Pământ, Marte, Jupiter și Saturn).

O dată cu revelația despre armonia geometrică, Kepler a dobândit certitudinea că nu se înșelase în privința destinului său:

Cîtă vreme... soarele luminează din plin minunatele mele speculații, nimic nu mă mai poate întoarce din drum... Îndrăznesc să mărturisesc deschis că am furat vasele de aur ale egiptenilor ca să construiesc un tabernacol pentru propriul meu Dumnezeu... Am gonit moartea și scriu o carte care va fi citită acum sau de către posteritate... Cartea poate să aștepte o sută de ani pentru a fi citită de cineva, așa cum însuși Dumnezeu a așteptat șase mii de ani pînă să se ivească primul martor al Creației.

Din acest moment Kepler va fi obsedat de demonstrația matematică a conceptului de sistem solar constînd în potrivirea celor cinci corpuri solide perfecte în spațiul dintre cele șase planete. Privea acest lucru ca pe o supremă înțelegere a planului pe care Dumnezeu îl concepușe pentru univers. Era convins că exista o „*rațiune* a numărului de planete“ și a început să caute cu înfrigurare adevărul, pornind de la premisa armoniei matematice și geometrice din ceruri. Pentru el era de neimaginat faptul că cele cinci corpuri perfecte și cele șase planete ar putea să fie o coincidență sau că ar fi posibilă existența unui număr mai mare de șase planete. Tenacitatea și angajamentul față de această teorie l-au făcut să-și irosească mulți ani din viață alergînd după o himeră, pentru că teoria sa fundamentală era pur și simplu greșită.

În anul 1600, Kepler s-a oferit să lucreze pentru Tycho. În 1601, pe patul de moarte, Tycho i-a încredințat lui Kepler toate înregistrările sale cu privire la mișcările planetare. Conform spuselor lui Kepler, Tycho repeta întruna: „Aș vrea să cred că n-am trăit degeaba... Aș vrea să cred că n-am trăit degeaba“. Într-adevăr, moștenirea lui Tycho l-a condus pe Kepler la descoperirea a trei principii pe care le-a formulat în lucrările publicate în

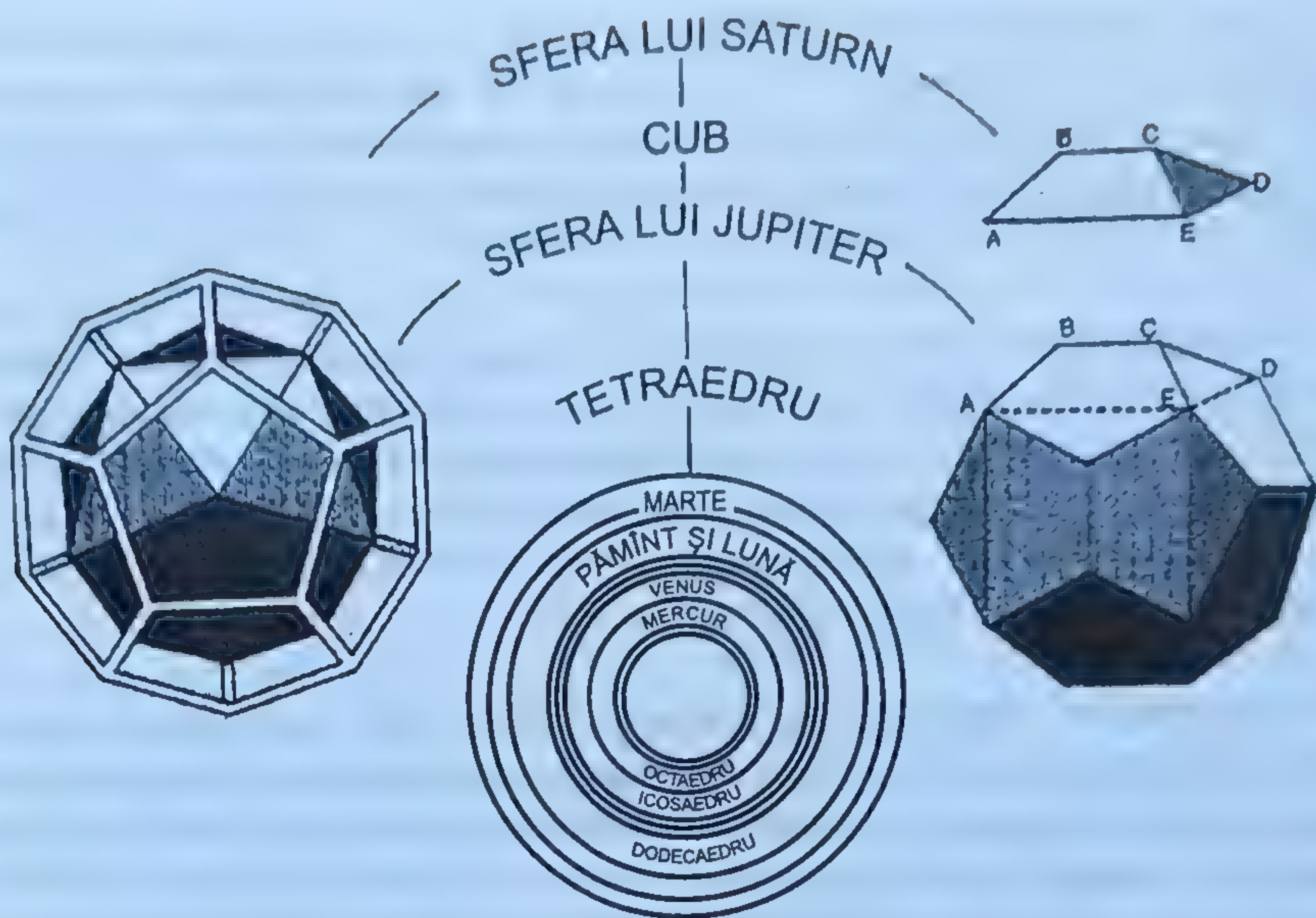


Figura 1-2. Armonia geometrică a lui Kepler, din *Compendiu de astronomie coperniciană*.

perioada 1609–1618, principii cunoscute în prezent drept Legile lui Kepler cu privire la mișcarea planetelor:

1. Toate planetele se rotesc în jurul Soarelui pe orbite eliptice.
2. Raza care unește o planetă cu soarele acoperă suprafețe egale în perioade de timp egale; și
3. Pătratul perioadei de revoluție a unei planete este proporțional cu cubul distanței medii a acesteia față de Soare.

Cu cea de-a treia lege, el stabilește orarul precis al mișcărilor planetare, ceea ce le permite oamenilor să calculeze poziția exactă a oricărei planete la un moment dat. A doua lege este reprezentată în figura 1-3.

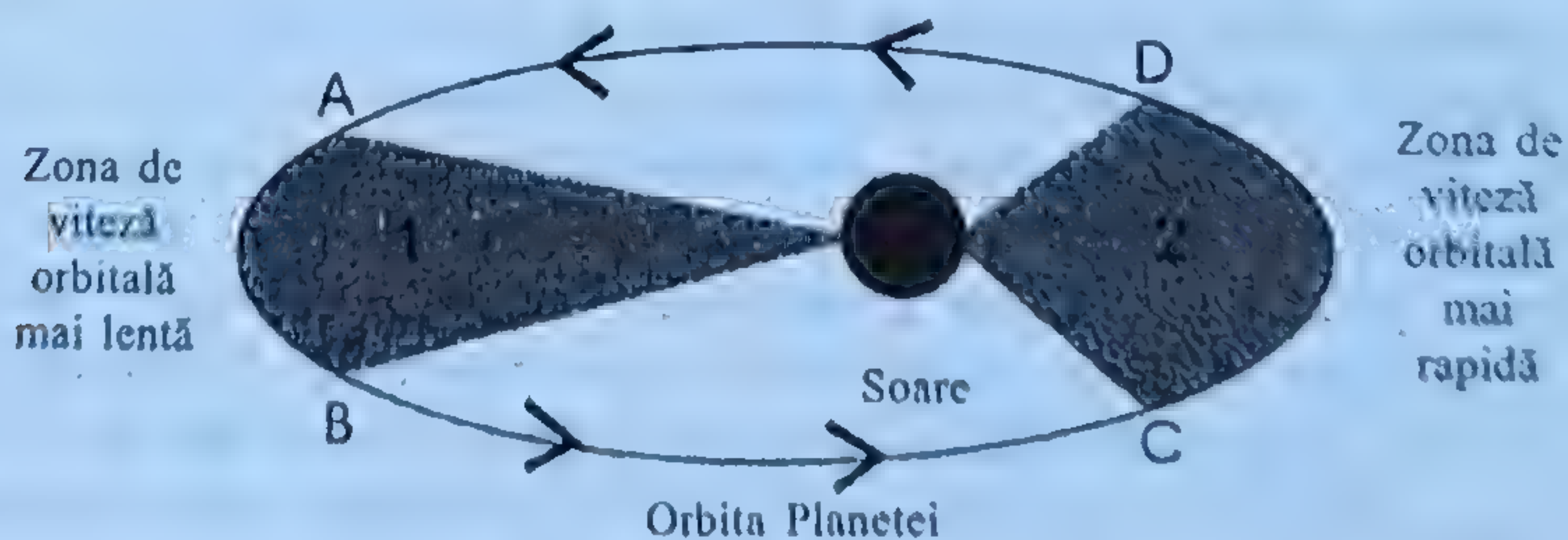


Figura 1-3. Legea a II-a a lui Kepler

- Timpul de parcurgere a orbitei de la A la B este egal cu timpul de parcurgere de la C la D.
- Suprafața 1 este egală cu suprafața 2.

Oamenii vorbeau și scriau despre o *forță* nevăzută care determină mișcarea corpurilor cerești – considerată de obicei ca fiind Dumnezeu. Însă nimeni nu oferise vreodată o interpretare mecanică, o explicație atât de matematică a acestei forțe. Referindu-se la aceste trei legi, Kepler scria:

Ori *animae motrices* [spiritele care produc mișcarea sau forțele planetelor] sînt mai slabe atunci cînd se află mai departe de Soare, ori nu există decît o singură forță în centrul tuturor orbitelor, adică în Soare, o forță care împinge un corp cu mai multă putere în cazul în care acesta este mai aproape, dar care devine inexistentă în cazul corpurilor aflate la distanțe mai mari...

Încercînd să înțeleagă planul lui Dumnezeu în termenii formelor și armoniilor geometrice, Kepler a descoperit concepte și principii matematice care descriu cu precizie relațiile dintre distanța față de Soare a fiecărei planete și durata anului respectivei planete. Kepler a fost primul om din istorie care a corelat mișcările planetelor cu distanța lor față de Soare și a abordat problemele cosmologice în termenii de *forțe fizice*, în locul teoriei care postula intervenția divină. Astfel, astronomia și fizica s-au unit pentru prima oară prin Legile mișcării planetare ale lui Kepler. Printr-o ironie a sorții, aceste legi vor dovedi că teoria sa inițială referitoare la armonia geometrică nu era valabilă. Orbitale perfect circulare, pe care Kepler le considerase sacre, nu existau. Orbitale aveau o formă eliptică (prima lege). Planetele nu se rotesc uniform. Viteza lor este dependentă de distanța față de Soare (a doua lege). Iar această relație părea ciudată, ca și cum Soarele ar fi avut puterea lui Dumnezeu. Era îngrozitor de dureros. Într-adevăr, Kepler se simțea umilit la gîndul că această primă lege contrazicea credința lui sfîntă în mișcările circulare, însă a avut înțelepciunea și integritatea de a exprima descoperirile așa cum le-a făcut, în pofida faptului că infirmiau grandioasa lui teorie geometrică.

Cu toate acestea, chiar și după ce a pus pe hîrtie cele trei legi, filozofia greacă antică a continuat să reprezinte un obstacol în calea progresului științific. Kepler și-a reînceput cercetările asupra figurilor geometrice și orbitelor perfecte, de parcă nu ar fi avut încredere în propriile sale descoperiri științifice. Magia și subiectivitatea îl împingeau înapoi la cercurile perfecte și sferele cristaline ale lui Aristotel și Ptolemeu. Cartea sa, *Armoniile lumii*, publicată în anul 1618, face referire doar în treacăt la a treia lege a mișcării planetare. Dar Kepler a continuat cu aceeași pasiune efortul de a rezolva misterul cosmic cu ajutorul figurilor geometrice tridimensionale perfecte, în *combinație* cu forme plane bidimensionale înscrise în cerc. Fiind o componentă a acestei mari scheme, „armonia” universului descrisă de Kepler în *Armoniile lumii* reprezintă o referire

literală la muzică: „Fiindcă intervalele de extremă divergență dintre Saturn și Jupiter reprezintă ceva mai mult decît o octavă, iar intervalele de convergență constituie o medie între sextele majore și minore...” Cartea descrie o corelație matematică complexă între mișcările planetelor și intervalele muzicale – prin urmare, el a reprezentat un univers care este o sinteză între filozofia antică, astrologie, astronomie, geometric și muzică. Și totuși, cele trei legi ale mișcării planetare sînt ascunse în elaborata sa conceptualizare a universului și printre falsele axiome din scrierile lui Kepler. Paradoxal, nici în ziua morții Kepler nu a recunoscut importanța acestor principii, însă după șapte ani Isaac Newton le va folosi drept punct de plecare pentru o parte importantă a fizicii sale.

Deși Kepler continua să fie convins de existența „armoniilor”, strălucitele sale observații, combinate cu un șir de calcule matematice, i-au permis să poarte ștafeta lui Copernic cu încă un pas mai aproape de lumea modernă. Kepler a făcut acest lucru neintenționat, în timp ce oscila între două lumi, între vechi și nou, în încercarea de a concilia două școli de gîndire.

După alte cîteva decenii a devenit cît se poate de clar că, atunci cînd analizează lumea fizică, oamenii de știință trebuie să se bazeze pe fapte și să respingă speculațiile nefondate; dar forțe puternice continuă să mențină miturile străvechi și învățăturile mistice. Era timpul curajului și al hotărîrii pentru a sădi în sufletele și mințile indivizilor capabili de discernămint linia clară de demarcație dintre astrologie și astronomie, dintre alchimie și chimie, metafizică și fizică, credință și rațiune. În Italia sfîrșitului de secol XVI se făceau eforturi din ce în ce mai mari pentru a pune ambele picioare de aceeași parte a acestei linii, cîtă vreme imposibilitatea concilierii acestor puncte de vedere încetase să mai fie doar o dilemă intelectuală. Devenise o chestiune de viață și de moarte.

Capitolul 2

Pământul imobil

„O mare parte din istoria omenirii poate fi descrisă drept o gradată și uneori dureroasă eliberare de provincialism, apariția conștiinței că lumea înseamnă mult mai mult decât obișnuiau să creadă strămoșii noștri.”

CARL SAGAN
Creierul lui Broca (1974)

Bruno este ars pe rug în timp ce Biserica încearcă să elimine tot ceea ce îi amenință autoritatea

O crimă la Roma și o întoarcere la Veneția

Șirul de evenimente care au condus la arderea pe rug a lui Giordano Bruno (1548–1600) s-a declanșat în 1575, atunci când el a citit în secret două comentarii interzise aparținându-i lui Desiderius Erasmus (c.1466–1536), umanist olandez și mare învățat al Renașterii. Impetuozitatea caracteristică lui Bruno și disprețul față de constrîngerile dogmatice l-ar fi purtat oricum către acest destin inevitabil, dar faptul că a citit scrierile lui Erasmus (care puneau sub semnul întrebării unele precepte ale Bisericii) a făcut ca Bruno să fie etichetat drept eretic, grăbindu-i sorocul, mai ales că el a luptat tot restul vieții pentru libertatea de gândire și de exprimare.

În luna iulie a anului 1575, Bruno, care în urmă cu trei ani fusese hirotonisit preot, își încheia cursul de teologie la Convenția Dominicană de la San Dominica Maggiore din Neapole. Pînă în acel moment nu criticase niciodată public Ordinul Dominican sau Biserica, dar vederile sale teologice nonconformiste erau cunoscute, iar dușmanii săi l-au denunțat pentru că a citit acele opere cenzurate ale lui Erasmus. Asta nu înseamnă că Bruno își manifestase nesupunerea față de Biserică încă din primii ani de formare a gândirii sale teologice și filozofice. Dar, conform rațiunilor întortocheate, nesincere și paranoice prin care Biserica încerca să controleze gândirea și moralitatea, simpla analiză sau luare în discuție a punctelor de vedere ale lui Erasmus a fost de ajuns pentru intentarea unui proces împotriva lui Bruno, sub acuzația de erezie, ceea ce l-a obligat să fugă din Neapole la Roma în luna februarie a anului 1576. Aici va fi pe nedrept acuzat de crimă, fiind pentru a doua oară implicat într-un proces de excomunicare. În aprilie 1576 a fost nevoit să fugă din nou, de astă dată stabilindu-se în

Geneva, unde fusese arestat și excomunicat în urma publicării unui articol în care criticase un profesor calvinist. Cu toate acestea, lui Bruno i s-a permis să retracteze afirmațiile făcute în articol, iar la scurt timp după aceea a fost reabilitat și i s-a dat voie să părăsească orașul.

Între anii 1580 și 1585 a devenit un bine cunoscut autor de cărți teologice, astronomice și filozofice și a fost profesor la Paris, Londra și la Universitatea din Oxford, unde noile concepții erau bine venite. În timpul acelor ani a scris pe larg despre teoria sistemului solar a lui Copernic, sugerînd că universul este infinit. După părerea lui, Biblia reprezenta o carte de căpătîi pentru învățăturile sale morale, dar nu și pentru enunțurile astronomice. A respins fizica aristoteliană și a criticat principiul calvinist al mîntuirii numai prin credință.

Începînd din anul 1585 evenimentele politice au restrîns limitele toleranței în care trăise și se afirmase Bruno în ultimii cinci ani. Cu toate acestea, mai mult ca un fel de provocare la adresa celor aflați la putere la Paris, în anul 1586 Bruno a scris o serie de articole în care insulta un înalt demnitar, reînnoind totodată atacurile împotriva lui Aristotel. Din acest motiv a fost din nou izgonit, astfel că s-a refugiat în Germania, unde a predat la diferite universități, publicînd și cîteva articole. La sfîrșitul deceniului avea să fie din nou excomunicat, de astă dată din Helmstedt, Germania, de către Biserica luterană locală.

Mai tîrziu, în 1591, după cincisprezece ani de la părăsirea patriei natale, se întoarce de unde a plecat, o hotărîre care, chiar dacă pînă la urmă se va dovedi fatală, se înscrie pe linia consecvenței sale față de propriile principii. Atunci cînd patricianul venețian Giovanni Mocenigo l-a invitat să se întoarcă în țară, Bruno a considerat rezonabilă această decizie. Veneția anului 1591 era cel mai liberal dintre statele italiene, reprezentînd un adevărat rai pentru oamenii cu vederi nonconformiste. Tensiunile religioase din Italia și din țările vecine se atenuaseră după moartea, în 1590, a inflexibilului papă Sixtus al V-lea și se părea că există o tendință către pacificarea religioasă. Bruno a acceptat să se întoarcă în Italia și în speranța că i se va permite să ocupe postul vacant de la prestigioasa catedră de matematică de la Universitatea din Padova. Prin urmare, către sfîrșitul verii anului 1591 a început să predea și să scrie la Padova, dar s-a întors în Veneția învecinată la începutul anului 1592, atunci cînd a devenit evident că postul îi va fi oferit lui Galilei.

În primăvara anului 1592 s-a produs o ruptură între Bruno și protectorul său, Mocenigo, care s-a întors pe neașteptate împotriva lui, denunțîndu-l Inchiziției din Veneția pentru erezie. În cursul arestării și al procesului, Bruno a avut încă o dată ocazia să-și justifice acțiunile, să-și retracteze ideile filozofice și să rămînă în viață. El și-a recunoscut greșelile și a subliniat că teoriile sale țineau de domeniul filozofiei, nu al teologiei, ceea ce însemna că nu intenționase să pună sub semnul întrebării puterea

Bisericii. Cu toate acestea, din cauza potențailor care își aminteau foarte bine de Bruno cel din urmă cu șaptesprezece ani, Inchiziția din Roma a cerut extrădarea lui. În ziua de 27 ianuarie 1593, Bruno a devenit prizonierul Sfântului Conciliu din palatul roman, intrînd într-un proces care va dura *șapte ani*. Acuzațiile care i se aduceau se bazau în primul rînd pe scrierile în care el declara că Pămîntul nu se află în centrul universului, că universul este infinit și că stelele nu sînt fixate pe o sferă de cristal.

Inchizitorii l-au informat că numai dacă se va dezice de toate teoriile sale ar putea scăpa cu viață. Pus să aleagă între a spune minciuni pentru a-i împlîndi pe intoleranții săi acuzatori și a-și menține adeziunea față de propriile principii, cu riscul de a-și pierde viața, el a declarat că nu are nimic de retractat. Papa Clement al VIII-lea a ordonat condamnarea lui la moarte pe data de 8 februarie 1600, iar după nouă zile, pe Campo dei Fiori (Cîmpul cu Flori), Giordano Bruno, legat fedeleș și cu căluș în gură, a fost ars pe rug – fiind astfel transformat dintr-un simplu gînditor progresist într-un martir al luptei pentru libertatea de gîndire și de exprimare. Scrierile lui Bruno îl vor influența mai tîrziu pe Galilei, devenind o importantă sursă de inspirație pentru gîndirea științifică timp de sute de ani după moartea sa.

Telescopul îmbunătățit de Galilei dezvăluie cerul

O dispută ... și lunile lui Jupiter

Născut în Italia, la Pisa, 15 februarie 1564 (cu două luni înainte de nașterea lui Shakespeare), Galileo Galilei era cel mai mare dintr-un număr de șapte copii, crescînd într-o familie deschisă ideilor noi, care prețuia deopotrivă și artele. Tatăl lui, Vincenzio, era negustor de pînzeturi și totodată un talentat compozitor. În 1574 s-a mutat cu familia la Florența, iar aici Galilei a fost trimis, la vîrsta de 12 ani, la faimoasa școală a Mănăstirii Iezuiților din Vallombrosa. La 17 ani a devenit student în medicină la Universitatea din Pisa, unde și-a cîștigat rapid reputația de contestatar încăpățînat al doctrinelor preluate de la Aristotel și de la medicul grec Galen (129–199).

Pînă la urmă, Galilei a abandonat studiile medicale pentru a urma matematica, mecanica și hidrostática. Rapida familiarizare cu aceste domenii poate fi atribuită în mare parte mentorului și tutorelui său de la Pisa, Ostilio Ricci, ale cărui învățături puneau accentul pe aplicarea practică a principiilor matematice, o metodă compatibilă cu viziunea lui Galilei despre univers și cu talentele sale de inventator. La un moment dat, în primul său an de Universitate, atenția i-a fost atrasă de mișcarea unei cădelnițe și de faptul că de fiecare dată era nevoie de aceeași durată de timp pentru a completa o oscilație, indiferent de amplitudinea mișcării.

După ce și-a verificat observația prin experimente, Galilei a sugerat că regularitatea pendulului poate fi folosită pentru construirea unui ceas de mare precizie. El a aplicat acest principiu în inventarea unei metode de măsurare a pulsului.

Obligat să părăsească școala în 1585 din lipsă de bani, Galilei a continuat să studieze pe cont propriu, dobândind suficiente cunoștințe în domeniul fizicii pentru ca la întoarcerea în Florența să poată fi numit lector la Academia Florentină. În 1586, el a publicat un eseu în care descrie invenția balanței hidrostatice (o balanță care permite măsurători precise), invenție care îl va face celebru în toată Italia. Cu toate acestea, încă nu dispunea de o sursă stabilă de venituri. Dar în 1589, la vârsta de 25 de ani, în primul rând datorită unui tratat pe care îl scrisese în 1587 referitor la centrul de greutate al corpurilor solide, Galilei devine titularul catedrei de matematică a Universității din Pisa, unde va scrie și va predă, în următorii doi ani, despre o mulțime de subiecte, printre care și legile mișcării. Se spune că din Turnul din Pisa ar fi aruncat Galilei cele două bile de greutate diferite, pentru a dovedi că ambele cad cu aceeași viteză, contrar scrierilor lui Aristotel, care susținea că bila mai grea atinge solul înaintea celei mai ușoare. În general, istoricii cred că Galilei nu a făcut niciodată acest experiment. Ei presupun că în Turnul din Pisa el a efectuat o *demonstrație* (al cărei rezultat îl cunoștea deja) sau a realizat, pentru a-și dovedi punctul de vedere, un „experiment logic” de genul celui care urmează:

Să ne imaginăm două bile inegale căzînd din turn în același timp și să presupunem, de asemenea, că Aristotel are dreptate și că bila mai grea cade mai repede. Să ne imaginăm apoi același experiment, cu diferența că bilele sînt legate între ele cu o sfoară sau un cablu. Dacă ar fi adevărat că bila mai grea se mișcă mai repede, iar cea ușoară mai lent, atunci bila ușoară o va trage înapoi pe cea grea. Dacă Aristotel are dreptate, cele două bile legate laolaltă nu ar atinge pămîntul la fel de repede ca bila grea de una singură, iar dacă vom considera că sfoara sau cablul dintre bile are efectul de a transforma cele două bile într-o masă *mai grea* decît oricare dintre ele luate separat, bilele legate ar trebui să cadă mai repede decît oricare dintre cele două bile aruncate pe rînd. Indiferent dacă experimentul lui Galilei a fost real sau logic, opera sa a demonstrat faptul că, în condiții de vid, cînd rezistența aerului nu mai intră în calcul, toate obiectele cad la fel de repede. Un fulg cade cu aceeași viteză ca și o ghiulea de tun.

Galilei a fost obligat să se retragă de la Universitatea din Pisa în vara anului 1592. Istoricii au avansat teorii diferite cu privire la această plecare. Unii susțin că prelegerile și descoperirile referitoare la mișcarea corpurilor în cădere i-ar fi dezorientat pe acei membri ai corpului profesoral care încă mai credeau în învățăturile lui Aristotel și care își vedeau interesele legitime amenințate de Galilei. De asemenea, el criticase foarte aspru

regulamentele universității. Într-o altă teorie, profesorul Stillman Drake (traducător și biograf al lui Galilei) sugerează că asupra lui Galilei se exercita o presiune politică din partea fiului Marcului Duce de Toscana, pe care Galilei îl ofensase. Indiferent care a fost motivul, cert este că Galilei a părăsit Pisa și Toscana natală pentru a ocupa catedra de matematică a Universității din Padova, în Republica Venețiană, fiind preferat pentru această prestigioasă funcție lui Giordano Bruno (care era cu 16 ani mai vîrstnic). Galilei a rămas la Padova vreme de 18 ani (1592–1610), pe parcursul cărora a predat matematica, mecanica și astronomia, realizînd în același timp cea mai mare parte a operei care îi va statornici reputația de om de știință și inventator, operă ce va fi folosită ulterior de Isaac Newton pentru a pune bazele fizicii moderne. De-a lungul anilor petrecuți la Padova, Galilei a trăit alături de Marina Gamba, cu care a avut două fiice (în 1600 și 1601) și un fiu (în 1606).

Contribuția științifică a lui Galilei ca pionier al fizicii moderne este mai importantă decît opera sa de astronom sau inventator. Cercetările și descoperirile lui din domeniul fizicii, care vor fi folosite mai tîrziu de Newton, au fost prezentate în următoarele scrieri:

- 1585–1587: Scribe eseuri despre mișcare și centrele de greutate ale unor obiecte.
- 1588: Elaborează o lucrare esențială despre mișcare, *De motu*.
- 1589: Scribe un eseu despre logică, intitulat *Demonstrațiile în știință*.
- 1591: Concepe ideea rotației axiale a Pămîntului.
- 1593: Elaborează un compendiu al unei ramuri a fizicii care va fi cunoscută sub numele de mecanică.
- 1595: Explică marea oceanelor pornind de la teoria coperniciană a mișcării Pămîntului.
- 1601: Definitivează *Sistemul planetar* și analizează informațiile lui Kepler.
- 1602: Începe studiile despre magnetism și mișcarea pendulului.
- 1603–1604: Descoperă teoreme despre căderea liberă a corpurilor.
- 1612: Publică o carte despre mișcarea obiectelor în apă.
- 1623: Scribe *Examinatorul*, despre metoda științifică.
- 1624: Începe *Dialog despre marea*.
- 1625–1631: Continuă să scrie despre mișcare, marea și corpuri în cădere.
- 1632: Publică *Dialog despre cele două principale sisteme planetare*.
- 1638: Publică *Două noi științe*.

Dintre toate descoperirile și invențiile sale, cel mai vestit este telescopul. Dar, la fel ca în cazul bilelor legendare căzute din Turnul din Pisa, istoria telescopului are unele conotații legendare. Însuși Galilei scria: „Sîntem

convinși că primul inventator al telescopului era un simplu meșter de lentile și ochelari care, mînuind din întîmplare diferite forme de ochelari, a privit, tot întîmplător, prin două lentile deodată, una convexă și cealaltă concavă, așezate la distanțe diferite de ochi; a văzut și a consemnat aceste rezultate neașteptate; așa a fost inventat telescopul. Realizarea acestei invenții este pusă în general pe seama unui meșter de lentile olandez, Hans Lippershey, care, în 1602, a încercat să vîndă telescopul guvernului olandez pentru a fi folosit în războiul împotriva Spaniei. Ulterior, în Europa s-a declanșat o dispută între mai mulți oameni care revendicau această invenție. Galilei nu figura printre ei.

La sfîrșitul anului 1608, telescoapele se fabricau și vindeau în Europa pentru a fi folosite în navigație, în scopuri militare, în astronomie și pentru diverse inovații. Atunci cînd senatul venețian și-a exprimat dorința de a cumpăra noul dispozitiv telescopic pentru dotarea marinei militare, un reprezentant al guvernului care aflase despre măiestria lui Galilei în realizarea instrumentelor i-a cerut acestuia să facă un telescop după un proiect propriu. În iulie 1609, Galilei a început să experimenteze diverse modalități de realizare a lentilelor. După numai o lună, el a construit un instrument de trei ori mai puternic decît cele existente, pe care l-a dăruit senatului. Către sfîrșitul anului construisese deja treizeci de telescoape puternice. Datorită talentului său deosebit în fabricarea instrumentelor, Galilei avea să primească onorurile pentru inventarea telescopului. Decizia lui de a îndrepta imediat lentilele acestui dispozitiv către cer i-a adus faima de astronom, iar după aceea telescopul a ajuns să fie legat de numele lui Galilei. Dar inițiativa de a privi cerul prin telescop a atras după sine unele evenimente tumultuoase, care i-au marcat tot restul vieții.

„Simțul văzului“, scria Galilei în martie 1610, după ce privise prin telescop, „ne ajută să detectăm patru sateliți care se rotesc în jurul lui Jupiter, ca Luna în jurul Pămîntului, în timp ce întregul sistem se deplasează pe o orbită mai mare în jurul Soarelui...“ Acest fragment face parte din broșura *Sidereus Nuncius* (Mesagerul stelar), care era prima înregistrare scrisă a observării corpurilor celeste cu ajutorul unui telescop. În afară de sateliții lui Jupiter, Galilei a descris suprafața muntoasă de pe Lună, demonstrînd că, în realitate, Calca Lactee este formată din stele și nu dintr-o substanță noroasă de culoare albă, așa cum se credea înainte. Lucrul cu telescopul i-a adus imediat numirea în funcția de filozof și matematician extraordinar al Marelui Duce din Toscana. A părăsit catedra de la Universitatea din Padova pentru a ocupa acest post bine plătit, consacînd din ce în ce mai mult timp cercetării. Primea omagii din toate părțile. A fost invitat la Roma și a avut onoarea să se întâlnească cu papa, pe 1 aprilie 1611, cînd a făcut o demonstrație cu privire la folosirea telescopului, iar pe 14 aprilie 1611, o societate științifică din Roma (Academia Linceilor) a dat un banchet în onoarea lui Galilei. Timp de cîțiva ani, Galilei s-a

bucurat de libertatea de a-și face publice observațiile, fără teama că acestea ar putea intra în conflict cu credințele adânc înrădăcinate ale acelor vremuri. Nu avea nici un motiv să bănuiască cum că aceste observații vor deveni curînd semîntele controverselor și ale tragediei.

Galilei începe să susțină public că Soarele se află în centrul universului, în timp ce Biserica emite un avertisment

Scrisori către Ducesă pe tema petelor solare... Dumnezeu oprește Soarele pentru israeliți

Încă din 4 aprilie 1597 Galilei îi scrisese lui Kepler că „devenise de mulți ani un adept al opiniilor lui Copernic“, dar pe parcursul celor 18 ani petrecuți la Universitatea din Padova a continuat să predea sistemul ptolemeic deoarece simțea că sînt necesare mult mai multe dovezi. În 1610, în urma observațiilor cu ajutorul telescopului, teoria lui Copernic a devenit pentru el un adevăr obiectiv, clar și bine susținut. Va face aluzie la aceste puncte de vedere în cartea sa *Mesagerul stelar*, chiar dacă s-a abținut să susțină fără rezerve teoria coperniciană. Descoperirea sateliților naturali ai lui Jupiter, a inelelor lui Saturn și a fazelor lui Venus au revelat existența acestui sistem solar de o manieră pe care nici măcar Copernic nu și-ar fi putut-o imagina.

Biserica l-a avertizat pe Galilei că nu era de acord cu interpretările și descrierile din *Mesagerul stelar*, dar nu i-a contestat dreptul de a-și exprima punctele de vedere sau de a continua observațiile. Apoi a început conflictul care avea să dureze tot restul vieții lui Galilei. În 1613, pășind în abisul noului tărîm descoperit de Giordano Bruno, Galilei a început să susțină public sistemul solar heliocentric. Aceasta este o teorie nouă, va spune mai tîrziu Galilei, de care „depinde de acum încolo toată viața mea“. Flăcările care îl înghițiseră pe Giordano Bruno în 1600 se stinseseră, dar climatul politic din Italia care favorizase aprinderea acestui foc nu se schimbase prea mult în 1613. Mizînd pe favorurile și concesiile făcute de Biserică, Galilei a ajuns în postura în care învățăturile, scrierile și teoriile sale nu mai erau acceptate cu calm.

În decembrie 1613, Madame Christina de Lorraine, Mare Ducesă de Toscana (mama Marelui Duce), s-a lansat, după dincul de la Curtea Regală, într-o discuție cu prietenul și studentul lui Galilei, Benedetto Castelli, matematician și abate benedictin. Erau de față numeroși demnitari, inclusiv Marele Duce, dar Galilei nu fusese invitat. Castelli a fost supus unui adevărat asediu, fiind nevoit să apere descoperirile lui Galilei de „înțelepciunea“ tradiționalistă a grupului. După ce Galilei a primit o scrisoare de la Castelli în care acesta îi descria întîmplarea, el a compus cea dintîi dintr-o serie de scrisori cunoscute sub numele de *Scrisori despre petele solare*, în care

abordează tema relațiilor dintre știință și religie, și i-a trimis-o lui Castelli în speranța că îi va fi de folos dacă se va mai afla vreodată într-o asemenea situație dificilă. Călcînd pe urmele destinului nefericitului Giordano Bruno, Galilei a scris că Biblia trebuie să fie urmată pentru învățăturile sale morale, însă nu cuprinde răspunsuri pentru misterele naturii.

În cea mai mare parte a anului 1614, Galilei și punctele sale de vedere publice întîmpinau doar opoziția colegilor invidioși de la universitate și a adversarilor din rîndurile Bisericii Catolice. Primul atac ecleziastic public a fost lansat din amvonul bisericii Santa Maria Novella din Florența, la 21 decembrie 1614, cînd părintele Tomasso Caccini l-a condamnat pe Galilei. Caccini s-a referit mai întîi la pasajul din Biblie în care Iosua îl imploră pe Dumnezeu să oprească Soarele astfel încît israeliții să aibă suficientă lumină pentru a-i învinge în luptă pe amoriți. Pornind de aici, Caccini a pus întrebarea: „Dacă Dumnezeu a oprit Soarele, cum este posibil ca Soarele să nu se rotească în jurul Pămîntului?” Dar preotul nu s-a limitat doar la sistemul lui Copernic, ci l-a condamnat personal pe Galilei și a acuzat matematica și pe toți matematicienii de erezie religioasă și politică.

În februarie 1615 un influent preot dominican pe nume Niccolo Lorini a primit o copie a scrisorii particulare a lui Galilei către Castelli, apoi s-a adresat Sfîntului Conciliu de la Roma pentru a denunța „vederile eretice” ale acestuia. Galilei aflate de acțiunea lui Lorini și, îngrijorat la gîndul că scrisoarea i-ar putea provoca mari necazuri lui Castelli, a pregătit o versiune modificată a acesteia, și a expediat-o la Roma prietenului său Piero Dini cu rugămintea de a i-o arăta cardinalului Robert Bellarmine, principalul teolog al Bisericii, împreună cu o notă explicativă, datată 16 februarie 1615, în care minimaliza unele din punctele versiunii originale ce nu erau conforme Scripturilor. Cu toate acestea, printr-o scrisoare datată 12 martie 1615, Castelli l-a informat pe Galilei că arhiepiscopul din Pisa îi ceruse să-i predea scrisoarea originală și că arhiepiscopul ar fi spus: „în curînd ți se va aduce la cunoștință, Galilei, ... că aceste idei sînt absurde și că merită să fie condamnate”.

„Liniile frontului” se conturau cît se poate de clar. În timp ce opoziția se unea, exista de asemenea un grup din ce în ce mai numeros de susținători loiali care cuprindea și cîțiva iezuiți. Unul dintre preoți, Paolo Antonio Foscarini, a scris chiar o carte consacrată apărării sistemului lui Copernic împotriva acuzației de incompatibilitate cu dogmele biblice, trimițînd o copie cardinalului Bellarmine pentru a-și exprima opinia, la scurt timp după ce acesta primise versiunea revizuită a scrisorii adresate lui Castelli. Cu toate acestea, Bellarmine a criticat în termeni duri cartea lui Foscarini, gest care va avea grave consecințe pentru cei care susțineau ideile lui Copernic și Galilei.

Astfel, în mijlocul acestei furtuni de controverse izbucnită în primăvara anului 1615, Galilei a fost obligat să aleagă între abandonarea tuturor funcțiilor sale sau demonstrarea faptului că Biblia poate fi conciliată cu

teoria lui Copernic, mai ales că, după părerea sa, acestea nu s-au aflat niciodată în contradicție, în pofida declarațiilor detractorilor săi. El a decis să se apere singur, într-o manieră prudentă și rezonabilă. Adevărul lui Dumnezeu, scria el, este comunicat în două forme – Biblia și Natura. „Nici unul din efectele fizice care... se află în fața ochilor noștri... nu trebuie să fie vreodată... pus sub semnul îndoielii de pasaje din Scriptură care par să aibă o semnificație diferită... Două adevăruri nu se pot contrazice niciodată unul pe altul...” Principalul mijloc de susținere a poziției sale a fost o versiune revizuită a punctelor de vedere exprimate în scrisoarea originală a lui Galilei către prietenul său, Benedetto Castelli. În noua sa formă a devenit celebra *Scrisoare către Madame Christina de Lorrena* (subintitulată „În legătură cu folosirea citatelor biblice în materie de știință”), completată în iunie 1615.

În urmă cu câțiva ani... am descoperit pe cer multe lucruri care nu mai fuseseră văzute pînă acum. Noutatea acestora, precum și unele dintre implicațiile lor care vin în contradicție cu noțiunile fizice susținute de majoritatea filozofilor academici au stîrnit împotriva mea un număr destul de mare de profesori – de parcă aș fi pus eu însumi aceste lucruri pe cer pentru a tulbura natura și a răsturna științele... Vădind mai multă încredere în propriile opinii decît în adevăr, ei au contestat și dezaprobat aceste noi lucruri, căroră propriile lor simțuri le-ar fi demonstrat existența dacă și-ar fi dorit să le cerceteze. Din această cauză mi-au adus diferite acuzații și au publicat numeroase scrieri pline de argumentații nefondate și... îmi impută crime care ar trebui să fie și sînt, pentru mine, mai detestabile decît însăși moartea...

Am susținut că soarele stă nemișcat în centrul orbitelor de revoluție celeste în timp ce pămîntul se învîrtește în jurul propriei axe și se rotește în jurul soarelui. Ei... și-au făcut un scut care să le apere erorile ascunse sub mantia unei false religiozități pusă sub autoritatea Bibliei... Nu le va fi greu să găsească oameni care să susțină de la înălțimea amvonului caracterul condamabil și erezia acestei noi doctrine...

Se dădea o luptă a cărei miză o reprezentau sufletele și mințile tuturor europenilor. Dar aristocrații și potentatii Bisericii nu erau pregătiți pentru o schimbare fundamentală a viziunii asupra universului sau, și mai important, să renunțe la vreuna din prerogativele lor, nici la pretenția Bisericii de a fi singura interpretă a Bibliei. Știința era o instituție nouă și nesigură, fiind reprezentată mai ales de fizică și astronomie. Pe de altă parte, religia și autoritatea Bisericii erau adînc înrădăcinate în mințile oamenilor și în cultura acelor vremuri. În scrisoarea sa către Madame Christina, Galilei pleda pentru primatul logicii asupra emoției:

Nu pot să cred că același Dumnezeu care ne-a dăruit simțurile, rațiunea și intelectul ar fi vrut să renunțăm la folosirea lor și să obținem prin alte mijloace cunoașterea pe care o putem dobîndi prin intermediul lor... Intenția Sfîntului Duh este să ne învețe cum poate cineva să ajungă la cer, nu cum funcționează cerul.

Înainte de a prezenta un lung șir de exemple care atestă că Biblia nu poate fi interpretată cuvînt cu cuvînt și că în bună măsură se pretează la interpretări diferite, Galilei a atras atenția asupra gravelor consecințe care amenință societatea și cetățenii săi în cazul în care individului nu i se mai permite să propună asemenea interpretări. „Cine este acela care să poată pune frîu inventivității inteligenței omenești?” scria Galilei. „Cine s-ar încumeta să afirme că tot ceea ce poate fi perceput în univers este deja descoperit și cunoscut?”

Cu toate acestea, nu a contat dacă – da sau nu – raționamentul lui Galilei în scrisoarea către Madame Christina era convingător sau dacă evidența mișcărilor fizice ale planetelor putea fi înțeleasă și de oamenii de rînd. Efortul lui de a-și cîștiga adepți a eșuat deoarece nașterea științei moderne era frînată de cei 2000 de ani de istorie și de un sistem de credințe false pe care le împărtășea majoritatea oamenilor. De asemenea, în timp ce Biserica Romano-Catolică continua atacul violent împotriva Reformei protestante care avusese atîta succes în secolul al XVI-lea, iar în Europa existau dispute și mai mari pentru supremație între puterea laică, Biserica Romano-Catolică și cea Protestantă, părerile lui Galilei au ajuns treptat să simbolizeze mai degrabă apartenența la o tabără sau alta și mai puțin o contribuție la dezvoltarea astronomiei și matematicii. Cu alte cuvinte, era mai mult o chestiune de afirmare a libertății individuale decît de susținere a corectitudinii sistemului lui Copernic. Majoritatea dovezilor invocate de Galilei prezentau detalii mult prea complexe pentru cei care oricum hotărîseră să nu le ia în seamă, dar nici invitația adresată călugărilor iezuiți de a privi prin telescop și de a vedea cu ochii lor sateliții lui Jupiter nu a schimbat cu nimic lucrurile – aceștia l-au refuzat. În schimb, au continuat să-și exprime nemulțumirea față de incapacitatea lui de a face o „demonstrație strictă” a afirmațiilor sale, cînd este atît de limpede pentru orice om că Pămîntul este imobil.

Galilei este judecat pentru că a continuat să apere teoria lui Copernic

Decretul a fost încălcat... Și totuși, Pămîntul se învîrtește

Nesocotind sfaturile prietenilor săi, Galilei a insistat să plece la Roma, în decembrie 1615, pentru a pleda în favoarea operei sale. Convins că viziunea lui Galilei reprezintă o potențială subminare a luptei Bisericii Catolice împotriva protestantismului, 5 martie 1616, cardinalul Bellarmine

a decretat că teoria lui Copernic este „falsă și eronată” și i-a inclus scrierile pe lista cărților interzise. Aproape în același timp, cardinalul Bellarmine îl avertiza pe Galilei să nu susțină sau să aperc doctrina lui Copernic, chiar dacă aceasta putea fi luată în discuție drept o simplă „ipoteză matematică”. Au urmat câțiva ani fără nici un incident, timp în care Galilei a dus o viață liniștită în casa lui din Bellosguardo, lângă Florența.

Dar în 1620 Biserica a publicat „corecțiile” aduse cărții lui Copernic, *Revoluțiile*, iar în 1622 a creat o Instituție de Propagare a Credenței (de la care a derivat cuvântul modern „propagandă”). În pofida avertismentelor pe care Galilei ar fi trebuit să le întrevadă în acest eveniment, el s-a dus în 1624 la Roma, sperînd să obțină o revocare a decretului din 1616. Chiar dacă nu a reușit acest lucru, a primit de la prietenul său, noul papa Urban al VIII-lea (un Barberini), încuviințarea de a scrie despre „sistemele planetare”, pe care Galilei a interpretat-o drept permisiunea de a publica un dialog deschis în care să examineze și să compare viziunile lui Ptolemeu și Copernic. Străduindu-se să nu depășească prerogativele restrînse ale autorității, Galilei s-a întors la Florența, unde a petrecut câțiva ani lucrînd la celebra lui carte *Dialoguri despre cele două principale sisteme planetare*. Apărută pe 21 februarie 1632, primită cu admirație de învățații de pe continentul european și fiind considerată o capodoperă literară și filozofică, această carte îl va distruge în cele din urmă pe Galilei.

La scurt timp după publicarea lucrării, fostul său prieten și susținător, papa Urban al VIII-lea, s-a dezis de el, poruncind formarea unei comisii papale speciale pentru investigarea scrierilor sale. Pe baza raportului acestei comisii, Galilei a fost trimis în fața comisarului general al Sfîntului Conciliu de la Roma, fiind judecat de zece judecători ai Inchiziției pentru vina de a fi adoptat teoria lui Copernic cu privire la structura universului, încălcînd astfel prevederile decretului din 1616. Nu a avut dreptul de a primi o copie a acuzațiilor și depozițiilor formulate împotriva lui și nu a beneficiat de serviciile unui avocat.

Galilei, cel mai cunoscut om de știință din Europa acelor vremuri, încrezător în valabilitatea principiilor sale, a cerut oficialilor Bisericii să suspende dogma și autoritatea Scripturilor pe care își bazaseră acuzațiile. Dar, în ciuda vîrstei înaintate, a sănătății precare și a adevărului incontestabil ce se desprindea din spusele și scrierile sale, sentința avea să fie necruțătoare: viziunea lui Galilei, la fel ca și cea a lui Copernic, a fost considerată drept „falsă și eronată”, iar el a primit ordin să-și retracteze public cuvintele și să nu mai predea niciodată, nimănui, teoria lui Copernic. Astfel, după treizeci și trei de ani de la arderea pe rug a lui Giordano Bruno, Galilei a fost pus în fața aceleiași alegeri. A luat o decizie pe care unii au criticat-o, susținînd că discreditează cauza științei – Galilei a ales viața. În ziua de 22 iunie 1633 a dat o lungă dezmințire, din care spicuim:

Fu, Galileo Galilei... în vîrstă de 70 de ani... îngenunchez înaintea voastră, mari eminente și onorați nobili cardinali... jur că am crezut întotdeauna, cred și acum, iar eu voia lui Dumnezeu voi crede și pe viitor în tot ceea ce susține, afirmă și gîndește Sfînta Biserică Catolică și Apostolică Romană... Ținînd seama de faptul că după un proces care mi-a fost intentat pe bună dreptate de către acest sfînt conciliu... trebuie să abandonez opinia că Soarele este centrul lumii, nemîșcat, și că pămîntul nu este centrul lumii și se rotește, și că trebuie să nu mai susțin, să apăr sau să răspîndesc ... această doctrină... Am scris și am tipărit o carte în care discut această doctrină... și din această cauză am fost acuzat de sfîntul conciliu, fiind suspectat de erezie... Prin urmare, dorind să înlătur... această mare suspiciune... abjur, blamez și detest amintitele greșeli și erezii care vin în contradicție cu învățătura Sfîntei Biserici... Am... jurat... am promis și m-am legat prin cele spuse mai sus...

Conform legendei, Galilei s-ar fi ridicat în picioare și ar fi murmurat: „*E pur si muove*” – „Și totuși se învîrtește”. Ca să se asigure că Galilei se va supune sentinței, cei care l-au condamnat i-au arătat instrumentele de tortură. Pînă la sfîrșitul vieții a fost ținut în stare de arest la domiciliu. În anii aceia a scris ultima și cea mai importantă operă științifică, *Două noi științe*. Dat fiind că Inchiziția i-a interzis publicarea oricărei cărți, manuscrisul a fost trecut ilegal peste graniță în Franța spre a fi tipărit. În 1638, Galilei a orbit și nu a mai apucat să vadă vreun exemplar din ultima sa carte. Sechestrat în continuare la domiciliu, a murit la 9 ianuarie 1642.

Biserica a scos cartea lui Galilei *Dialoguri despre cele două principale sisteme planetare* de pe lista publicațiilor interzise abia în 1757. Pe 31 octombrie 1992, la 359 de ani după ce Biserica Romano-Catolică l-a condamnat pe Galilei și l-a obligat să-și retracteze afirmațiile, Vaticanul și-a recunoscut oficial eroarea printr-o bulă dată de papa Ioan Paul al II-lea în fața Academiei Pontificale de Științe. „Teologii care l-au condamnat pe Galilei”, a spus Papa, „nu au înțeles distincția formală dintre Biblie și interpretarea acesteia, ceea ce i-a determinat să transpună nejustificat... în planul credinței o chestiune care, de fapt, ținea de cercetarea științifică.”

În pofida acestei recunoașteri tardive, disputa dintre Galilei și Biserică rămîne în istorie ca unul dintre marile simboluri ale conflictului dintre rațiune și dogmă, dintre știință și credința religioasă.

Pe parcursul celor o sută de ani în care s-au derulat viețile lui Tycho, Kepler și Galilei, universul lui Aristotel, format din sfere de cristal și traiectorii circulare, a devenit o amintire nostalgică, epicleurile lui Ptolemeu și teoria geocentrică a universului a fost contrazisă, iar în următoarele decenii Biserica Romano-Catolică a pierdut controlul asupra guvernării și populației. Aceste trei personalități au pus bazele astronomiei și fizicii din

secolul al XVII-lea. Metoda științifică de cercetare și criteriile sale de adevăr, precum și ideea modernă de experiment pot fi atribuite în primul rând lui Galilei. Îmbunătățirile aduse telescopului, rezultatele observațiilor și scrierile pe această temă, modul în care a legat teoria de experiment și folosirea matematicii în domeniul fizicii vor contribui la remarcabilele descoperiri științifice ulterioare. Viața și opera lui vor influența o altă mare personalitate: spre sfârșitul anului 1642, anul morții lui Galilei, s-a născut Isaac Newton. Newton va ridica descoperirile lui Galilei și ale altor înaintași la un nivel fără precedent. Îi va răzbuna pe toți, sintetizând eforturile lor în prima mare descoperire științifică din istorie.

Capitolul 3

Principia

„I s-a părut logic să conchidă că această putere trebuie să se întindă mult mai departe decît se crezuse; de ce nu, chiar pînă la Lună...? A ajuns la concluzia că... dacă Luna poate fi menținută pe orbită datorită forței gravitației, atunci nu mai încapă nici o îndoială că principalele planete se rotesc în jurul Soarelui sub acțiunea unei forțe similare.”

HENRY PEMBERTON

O privire asupra filozofiei lui Isaac Newton (1728)

„Nu știu ce părere are lumea despre mine; dar eu mă simt un băiețel care se joacă pe malul mării, amuzîndu-mă din cînd în cînd să găsesc o piatră mai lucioasă sau o scoică mai frumoasă decît de obicei, în timp ce marele ocean al adevărului se întinde înaintea mea, total necunoscut.”

ISAAC NEWTON (1727)

Academia pentru Experimente a fost întemeiată în 1657, în Italia, iar Societatea Regală din Londra datează din anul 1660. În urmă cu cîțiva ani, în Anglia și Franța fuseseră publicate primele articole științifice, Europa trecînd gradat de la vechile metode și abordări la căile moderne ale gîndirii științifice. Așadar, Isaac Newton, născut în 1642, a crescut în plină evoluție a unei mișcări intelectuale al cărei lider va deveni încă de timpuriu.

Izolată timp de optsprezece luni, Newton descoperă legile fizicii, însă nu le publică timp de douăzeci de ani

Mărul și Luna

Newton s-a născut în ziua de Crăciun lîngă satul Colsterworth, în ținutul Lincolnshire County, Anglia, într-o mică gospodărie de piatră care încă mai stă în picioare, în sătucul Woolsthorpe. Mai tîrziu, mama lui va spune că pruncul „era atît de mic încît încăpea într-o oală de un litru“. Născut cu cîteva săptămîni mai devreme, era slab și bolnăvicios și nimeni nu credea că va supraviețui, dar curînd va depăși handicapul și prezicerile funeste. Tatăl lui, pe care îl chema tot Isaac, murise cu trei luni înainte, lăsînd nevestei sale, Hannah, o fermă de 50 de hectare și o casă modestă

cu două odăi. În 1642, în partea dinspre vest a casei se întindea o grădină în care se afla un măr ce va intra în istorie.

La o lună după cea de-a treia aniversare a zilei de naștere a lui Newton, mama lui s-a măritat cu Barnabus Smith, reverendul din North Witham, un oraș aflat la aproape doi kilometri de Woolsthorpe. Din motive pe care tânărul Isaac nu le va înțelege niciodată, mama lui s-a mutat în casa lui Smith, lăsînd copilul în grija bunicii. În anii următori, Newton și mama lui se vor vedea foarte rar, fiindcă ea era extrem de ocupată cu creșterea celor trei copii născuți din căsătoria cu domnul Smith. Cîțiva ani mai tîrziu, Isaac era destul de mare pentru a se urca în copacii din Woolsthorpe ca să privească de la distanță orașul North Witham și turla bisericii reverendului Smith, turlă care îi va reaminti timp de cîțiva ani această traumă, pînă la moartea domnului Smith și întoarcerea mamei la Woolsthorpe, în 1653, cînd Newton avea zece ani. În anii adolescenței, Newton va scrie uneori despre această perioadă dureroasă. Își amintea, de exemplu, că „îmi venea să le dau foc mamei și tatălui meu vitreg Smith și casei în care stăteau“. Acest abandon pare să explice și hipersensibilitatea lui, care se va manifesta deseori de-a lungul vieții.

La vîrsta de doisprezece ani s-a înscris la Școala Regală din Grantham, aflată la o distanță de unsprezece kilometri de casă, unde s-a distins ca un extraordinar creator de modele, fără să exceleze însă la matematici sau științele naturii. Fascinat de forțele generate de mișcarea aerului și a apei curgătoare, vizita adesea morile de vînt și construia machete la scară redusă ale acestora. A urmărit cu atenție și mișcările Soarelui, construind cadrane solare și un ceas cu apă. La fel ca Leonardo da Vinci și Benjamin Franklin, Newton avea un simț tehnic ieșit din comun, combinat cu o capacitate înnăscută de înțelegere a geometriei, cu toate că nu era decît un adolescent.

La vîrsta de 18 ani s-a înscris la Trinity College, Universitatea din Cambridge, unde îl va întîlni pe talentatul matematician Isaac Barrow, care l-a încurajat pe Newton să studieze matematica și optica. În 1665, Newton va primi la Cambridge diploma de absolvent, dar în cursul aceluiași an va fi nevoit să se întoarcă la căsuța sa din Woolsthorpe, fiindcă Marea Ciumă din Londra începuse să secere populația orașului. Epidemia a făcut în final 75 000 de victime, adică 16 procente din populația Londrei, ceea ce a determinat universitatea să-și închidă porțile pentru ca nu cumva epidemia să ajungă și acolo. Acest val de ciumă bubonică a început spre sfîrșitul anului 1664 într-o suburbie din Londra și a culminat la mijlocul anului 1665, cînd a ucis peste 68 000 de oameni într-un singur an. Regele Carol al II-lea și Curtea sa au plecat din Londra în iunie, iar Parlamentul britanic a fost nevoit să se mute o vreme la Oxford. În 1666, numărul morților a scăzut la 2000, dar Universitatea din Cambridge nu s-a redeschis pînă în primăvara anului 1667.

În timpul „anilor de ciumă” – perioada de optsprezece luni pe care a petrecut-o acasă, pe cînd nu avea decît 23 de ani – Newton va pune bazele operei sale care va revoluționa știința. Faimoasa poveste cu mărul datează tot din această perioadă. Pe 16 mai 1666, în timp ce se străduia să înțeleagă legile fizice care să poată explica felul în care se rotește Luna în jurul Pămîntului, Newton s-a așezat lîngă mărul din grădina din Woolsthorpe și a văzut un măr căzînd pe pămînt. În acel moment și-a dat seama că aceeași atracție către centrul Pămîntului se aplică ambelor obiecte, atît mărului, cît și Lunii, și că:

- Dacă Luna s-ar fi aflat în repaus, ca mărul într-un copac, ar fi căzut și ea pe Pămînt, și
- Atracția Pămîntului – chiar atenuată de distanța mare dintre Lună și Pămînt – este cea care face ca Luna să nu-și părăsească orbita.

Aceste observații l-au condus la descoperirea legilor și formulelor de calcul al modului în care atracția Pămîntului descrește pe măsură ce obiectele se depărtează de el. A calculat că această atracție scade invers proporțional cu pătratul distanței față de centrul Pămîntului. Pentru a compara valorile acestei forțe la două distanțe diferite trebuie să ridicăm distanțele la pătrat și să le inversăm. De exemplu, dacă un obiect (sau o planetă) ar fi de două ori mai departe de Soare decît o altă planetă de aceeași masă, raportul dintre forțele de gravitație ar fi de unu pe doi la pătrat, sau $1/4$. Cu alte cuvinte, Soarele și planeta mai depărtată se atrag reciproc cu o forță egală cu $1/4$ din mărimea forței de atracție dintre Soare și planeta mai apropiată. La o distanță de trei ori mai mare, raportul forțelor va fi de unu pe trei la pătrat, adică $1/9$.

Masa este cantitatea de materie a unui anumit obiect, cum ar fi o planetă sau alte corpuri cerești. Cantitatea de masă reflectă numărul total de particule (protoni și neutroni) aflate în atomii care compun o asemenea planetă sau orice alt obiect, așa cum vom vedea în capitolul 5. Spre deosebire de greutatea unui obiect, masa nu depinde de atracția gravitațională exercitată de Pămînt sau de un alt corp ceresc. În consecință, fizica folosește această măsură universală invariabilă.

Tot în perioada petrecută la Woolsthorpe, Newton a elaborat și legile mișcării:

1. *Un corp aflat în repaus rămîne în această stare atîta timp cît asupra lui nu acționează nici o forță, iar un corp aflat în mișcare liniară uniformă va continua să se miște cu aceeași viteză dacă asupra lui nu acționează nici o forță.* De exemplu, dacă așezați o minge pe o suprafață plană, aceasta nu se va mișca fără acțiunea unei forțe din exterior. Dacă o asemenea forță o va face să se

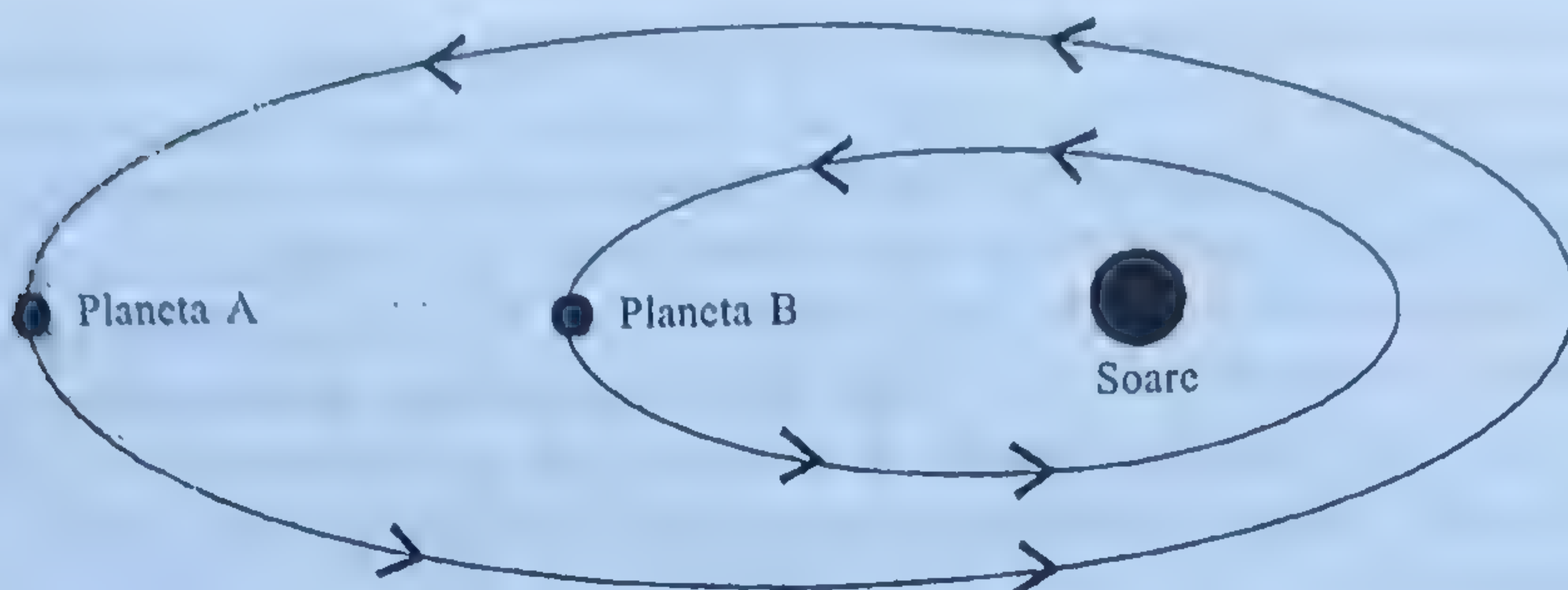


Figura 3.1. Legea inversă a gravitației lui Newton.
Forța gravitațională dintre Planeta A și Soare reprezintă $1/4$ din
forța gravitațională dintre Planeta B și Soare.

rostogolească, mingea va continua să se rostogolească *la infinit* în absența forțelor de frecare cu planul sau dacă nu apare un obstacol în calea ei.

2. *Accelerația (raportul de schimbare a vitezei) este direct proporțională cu forța.* De exemplu, cu cât motorul unei mașini generează o forță mai mare, cu atât mai mult va putea mașina să accelereze. O forță de două ori mai mare va dubla accelerația.
3. *Orice acțiune provoacă o reacțiune egală și de sens opus.* De exemplu, „acțiunea” unui glonț percutat de o armă provoacă o „reacțiune” numită recul.

Cu aceste legi ale mișcării Newton întemeia o nouă știință, mecanica, punînd bazele a ceea ce numim astăzi „fizica clasică”. Aceste principii, inclusiv legea gravitației, le pot părea evidente și simple fizicienilor de astăzi, dar pentru epoca lui Newton au reprezentat un mod nou de gîndire – găsirea unor legi matematice simple și precise, pe baza cărora datele observate pot fi calculate în detaliu. În descoperirea legii gravitației și a legilor mișcării, Newton s-a bazat într-o oarecare măsură pe lucrările lui Kepler și Galilei, motiv pentru care s-a simțit dator să spună că el „s-a ridicat pe umerii unor giganți”. Dar principiul gravitației universale și mai ales formula lui matematică reprezenta un avans important față de descoperirile astronomice ale lui Galilei și legile mișcării planetare ale lui Kepler, care stipulează doar că planetele se mișcă pe anumite orbite regulate, în funcție de distanța lor față de Soare. Deși Kepler ajunsese la ideea unei „forțe centrale”, legile sale nu au reușit să explice dinamica sistemului solar sau felul în care o structură de genul sistemului solar poate să funcționeze sau să existe. Pe de altă parte, Newton credea că există o forță invizibilă care exercită control asupra materiei fără contact fizic direct. Era o idee curajoasă pentru anul 1666. Se demonstau astfel pentru prima oară formulele matematice care susțineau conceptul intuit de Copernic –

faptul că sistemul solar poate fi înțeles ca o structură dinamică total interrelaționată.

Izolată din punct de vedere fizic și intelectual în perioada petrecută la Woolsthorpe, Isaac Newton a meditat profund asupra mișcărilor corpurilor cerești. „Am tot timpul subiectul în fața mea și aștept pînă cînd raza firavă a zorilor se transformă treptat în lumină deplină“, va scrie el mai tîrziu. De asemenea, Newton a întemeiat o nouă ramură a matematicii, cunoscută sub numele de calcul diferențial și integral, și a început să lucreze și în domeniul opticii. „Toate acestea s-au petrecut în cei doi ani de ciumă, 1665 și 1666, pentru că în acele zile am fost în cea mai bună formă pentru invenții și am manifestat înclinație pentru matematică și filozofie [în sensul de știință] mai mare decît oricînd de atunci. În acele 18 luni, Newton a reușit să formuleze legile de bază ale mecanicii, ajungînd la concluzia că ele se aplică tuturor corpurilor cerești, a descoperit legea fundamentală a gravitației, a inventat calculul diferențial și a făcut descoperiri importante în domeniul opticii. Cu toate acestea, el a ezitat foarte mult înainte să publice vreuna dintre aceste descoperiri, deoarece simțea că sînt necesare mult mai multe experimente și demonstrații. Unele calcule i se păreau imprecise, cum ar fi valoarea general acceptată (dar incorectă) a diametrului planetei Pămînt. Lumea va trebui să aștepte pînă cînd Newton va rezolva aceste probleme și altele asemănătoare. În vasta sa corespondență, Newton se va arăta preocupat de culori, de lumină și optică, de telescoape, de șlefuirea lentilelor și de o mulțime de alte subiecte. A lăsat deoparte aceste însemnări, îndepărtîndu-se o vreme de știință, pentru a se consacra altor preocupări – dar va avea grijă să-și păstreze ideile în siguranță mai bine de douăzeci de ani.

Newton dezvăluie Legile universului

Bestseller latinesc

S-a întors la Cambridge în momentul redeschiderii universității, în 1667, obținînd postul de asistent la Trinity College. În anul următor, mentorul său Isaac Barrow va renunța la funcția de Profesor Lucasian de matematică, ajutîndu-l pe Newton (care avea pe atunci numai douăzeci și cinci de ani) să preia această prestigioasă catedră (postul respectiv este deținut în prezent de celebrul fizician Stephen Hawking).

În 1684, Newton nu publicase încă nici unul din principiile pe care le descoperise la Woolsthorpe. Totuși, în acel an i-a explicat calculele în legătură cu mișcările planetare și orbitele eliptice prietenului și colegului său Edmond Halley (1656–1742), cel care a determinat orbita cometei ce-i poartă numele. Halley a înțeles imediat importanța copleșitoare a operei lui Newton, convingîndu-l să-și publice descoperirile. La început, Newton

nici măcar nu-și mai găsea însemnările. După ce a dat în sfârșit de urma lor, a început să organizeze materialul într-un ansamblu coerent de teorii și demonstrații matematice. Halley a solicitat sprijin financiar din partea Societății Regale pentru publicarea acestei lucrări, iar atunci când societatea a refuzat, Halley a acoperit din fonduri proprii costul tiparului, a negociat cu tipograful, a editat scrierile lui Newton, a scris prefața și s-a ocupat de toate detaliile editării operei acestuia. Așadar, lui Halley trebuie să-i mulțumească lumea pentru apariția – la douăzeci de ani după retragerea de la Woolsthorpe – a ceea ce astăzi se consideră a fi cea mai importantă lucrare științifică scrisă vreodată, *Principiile Matematice ale Filozofiei Naturale*, cunoscută îndeobște sub numele de *Principia*.

Principia se împarte în trei „cărți”, cu toate că atunci când a apărut pentru prima oară, în 1687, a fost publicată într-un singur volum. Prima carte se referă la ramura fizicii numită mecanică și explică mișcările obiectelor în vid. În cea de-a doua carte, Newton se ocupă de mișcarea corpului în medii care opun rezistență, cum ar fi aerul și apa. În cartea a treia, pornind de la principiile stabilite în primele două, Newton a demonstrat structura și funcționarea întregului sistem solar. A introdus cuvântul gravitație, derivat din latinescul „gravitas”, adică „greutate” sau „pondere”. El a explicat atât de corect mișcările sateliților lui Jupiter, Saturn și Pământ, precum și mișcările tuturor planetelor în jurul Soarelui, încât în următorii două sute de ani puține îmbunătățiri semnificative i-au fost aduse operei sale. De asemenea, a descris cum se calculează masele Soarelui și planetelor pornind de la masa Pământului, formulă pe care a și demonstrat-o matematic. A explicat precis mișcarea Lunii și faptul că mareele se datorează atracției gravitaționale exercitată de Lună și de Soare asupra apei oceanelor. A calculat, de asemenea, atracția Soarelui asupra cometelor.

Principia este în general considerată drept cea mai prodigioasă înfăptuire din istoria umanității, fiind indiscutabil cea mai importantă operă de autor scrisă vreodată în domeniul fizicii. Cartea i-a adus imediat celebritate lui Newton. În 1687, revista franceză *Journal des Savants* declara: „Opera domnului Newton este cel mai desăvârșit tratat de mecanică imaginabil, fiind imposibil de oferit demonstrații mai exacte decât cele date de el...” O recenzie de 12 pagini a cărții *Principia*, apărută în 1687 în revista germană *Acta Eruditorum* (Referatele Erudiților), îl numește pe Newton cel mai mare matematician al vremii. Cererea pentru această carte a crescut constant în anii care au urmat. A fost publicată în câteva țări, chiar dacă cel mai adesea în versiunea latină. Newton a revăzut cea de-a doua ediție în 1713, iar în 1726 pe cea de-a treia, care va fi și ultima din timpul vieții sale. Cartea a fost tradusă și în engleză la scurt timp după moartea lui Newton, în 1727, fiind tradusă ulterior în multe alte limbi.

Deși fusese recunoscută ca o mare operă, *Principia* era atât de lungă,

nici măcar nu-și mai găsea însemnările. După ce a dat în sfârșit de urma lor, a început să organizeze materialul într-un ansamblu coerent de teorii și demonstrații matematice. Halley a solicitat sprijin financiar din partea Societății Regale pentru publicarea acestei lucrări, iar atunci când societatea a refuzat, Halley a acoperit din fonduri proprii costul tiparului, a negociat cu tipografia, a editat scrierile lui Newton, a scris prefața și s-a ocupat de toate detaliile editării operei acestuia. Așadar, lui Halley trebuie să-i mulțumească lumea pentru apariția – la douăzeci de ani după retragerea de la Woolsthorpe – a ceea ce astăzi se consideră a fi cea mai importantă lucrare științifică scrisă vreodată, *Principiile Matematice ale Filozofiei Naturale*, cunoscută îndeobște sub numele de *Principia*.

Principia se împarte în trei „cărți”, cu toate că atunci când a apărut pentru prima oară, în 1687, a fost publicată într-un singur volum. Prima carte se referă la ramura fizicii numită mecanică și explică mișcările obiectelor în vid. În cea de-a doua carte, Newton se ocupă de mișcarea corpului în medii care opun rezistență, cum ar fi aerul și apa. În cartea a treia, pornind de la principiile stabilite în primele două, Newton a demonstrat structura și funcționarea întregului sistem solar. A introdus cuvântul gravitație, derivat din latinescul „gravitas”, adică „greutate” sau „pondere”. El a explicat atât de corect mișcările sateliților lui Jupiter, Saturn și Pământ, precum și mișcările tuturor planetelor în jurul Soarelui, încât în următorii două sute de ani puține îmbunătățiri semnificative i-au fost aduse operei sale. De asemenea, a descris cum se calculează masele Soarelui și planetelor pornind de la masa Pământului, formulă pe care a și demonstrat-o matematic. A explicat precis mișcarea Lunii și faptul că mările se datorează atracției gravitaționale exercitată de Lună și de Soare asupra apei oceanelor. A calculat, de asemenea, atracția Soarelui asupra cometelor.

Principia este în general considerată drept cea mai prodigioasă înfăptuire din istoria umanității, fiind indiscutabil cea mai importantă operă de autor scrisă vreodată în domeniul fizicii. Cartea i-a adus imediat celebritate lui Newton. În 1687, revista franceză *Journal des Savants* declara: „Opera domnului Newton este cel mai desăvârșit tratat de mecanică imaginabil, fiind imposibil de oferit demonstrații mai exacte decât cele date de el...” O recenzie de 12 pagini a cărții *Principia*, apărută în 1687 în revista germană *Acta Eruditorum* (Referatele Erudiților), îl numește pe Newton cel mai mare matematician al vremii. Cererea pentru această carte a crescut constant în anii care au urmat. A fost publicată în câteva țări, chiar dacă cel mai adesea în versiunea latină. Newton a revăzut cea de-a doua ediție în 1713, iar în 1726 pe cea de-a treia, care va fi și ultima din timpul vieții sale. Cartea a fost tradusă și în engleză la scurt timp după moartea lui Newton, în 1727, fiind tradusă ulterior în multe alte limbi.

Deși fusese recunoscută ca o mare operă, *Principia* era atât de lungă,

de complexă și de greu de înțeles (mai ales în latină) încât a fost nevoie de 50 de ani pentru ca schema newtoniană a universului să fie unanim acceptată și predată în școli și universități. Chiar și la Cambridge, la șase ani după publicarea ei, profesorii încă mai predau sistemul cartezian, bazat pe teoriile incorecte ale sistemului solar emise în secolul al XVII-lea de fizicianul francez Descartes. În 1713, când a apărut cea de-a doua ediție a cărții *Principia* (în care erau incluse materiale noi referitoare la mișcările Lunii, ale cometelor și ale altor corpuri cerești, conținând și referiri la rezistența fluidelor), colaboratorul lui Newton, Roger Cotes, nu reușise încă să-i convingă pe critici de necesitatea abandonării lui Descartes în favoarea fizicii newtoniene.

Newton își pierde interesul față de știință și își lărgeste orizontul

Profețiile lui Daniel și halucinații paranoice

Timp de câțiva ani după publicarea cărții *Principia*, Newton a manifestat prea puțin interes față de problemele științifice. Lungul și obositorul proces al publicării acestei opere l-a epuizat, lăsându-l indiferent față de știință, la fel ca într-o perioadă anterioară, când trecuse de treizeci de ani și îi scria unui prieten că interesul său față de știință se „risipise“. În 1689 a fost ales în Parlament, unde a activat vreme de un an. Noua sa poziție socială l-a purtat deseori la Londra, unde s-a împrietenit cu marele filozof John Locke și cu mulți oameni de știință care vor juca un rol important în ultima parte a vieții sale. În perioada post-*Principia* a scris foarte mult despre Scripturi, inclusiv în corespondența sa cu Locke despre profețiile lui Daniel.

După ce a eșuat în încercarea de a ocupa câteva funcții înalte pe care le-a avut în vedere, Newton a fost în cele din urmă numit custode al Monetăriei în martie 1696. În 1699 va fi promovat în funcția de administrator al Monetăriei, unde va reuși să reînvie activitatea extrem de redusă de emiteră a monedelor din Imperiul Britanic și unde îi vor fi recunoscute calitățile manageriale. A deținut această poziție până la moartea sa, în anul 1727. Cam pe vremea în care preluase funcția la Monetărie, pe Newton a început să-l preocupe din nou știința. În 1703 a fost ales președinte al Societății Regale, cea mai prestigioasă organizație științifică din Europa acelei vremi, funcție pe care a deținut-o, de asemenea, până la moarte. A fost primul om de știință celebru care a ocupat acest post la douăzeci de ani după astronomul Christopher Wren (1632–1723).

În 1704 a publicat marea sa lucrare despre optică, numită *Optica: sau tratat despre reflexii, refracții, inflexiuni și culorile luminii*. Aceasta includea două tratate de matematică pe care le scrisese în urmă cu câțiva ani pentru a-și susține teoriile optice. Prin analogie cu întârzierea publicării

cărții *Principia*, toate însemnările despre *Optica* (în original, *Opticks*) au fost pregătite chiar înainte ca Newton să vină la Londra, în 1689, după cum spune chiar el în prefața scrisă în mare parte în anul 1675. Îndeosebi în urma publicării acestei lucrări de optică, Newton și-a câștigat recunoașterea în lumea științei. În 1705 a fost înnobilit, o onoare care nu mai fusese niciodată acordată pentru realizări în domeniul științei.

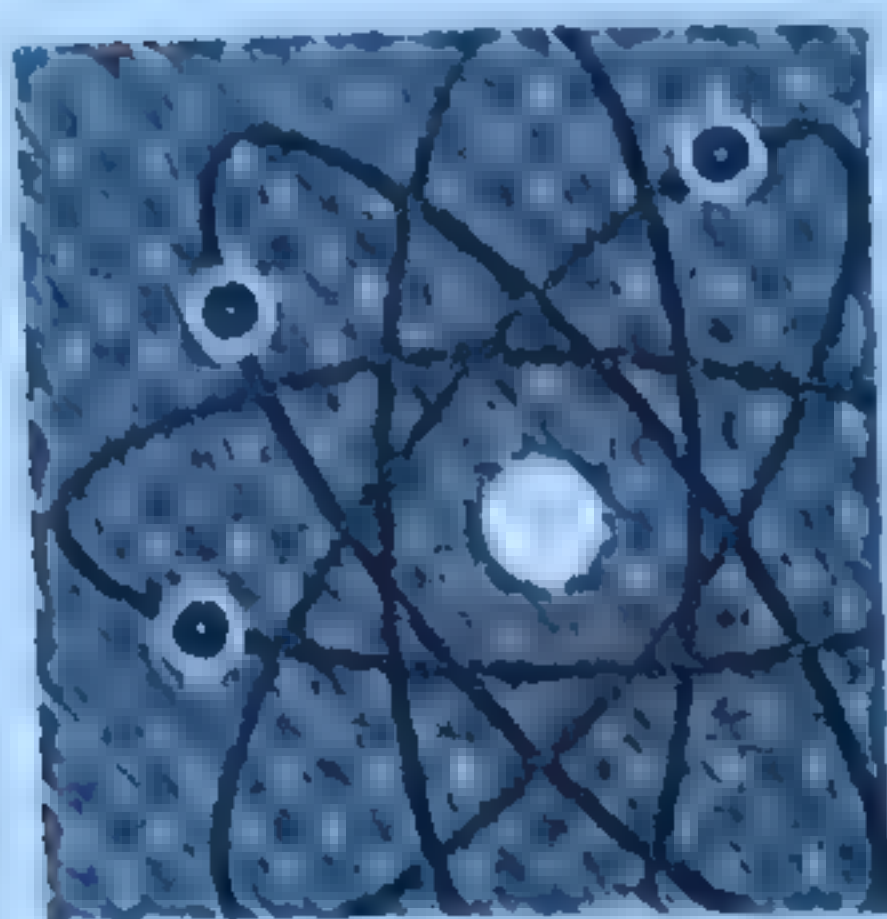
Spre deosebire de alți mari oameni de știință, Newton a continuat să aibă lungi perioade în care nu a manifestat interes față de fizică, perioade consacrate exclusiv preocupărilor legate de chimie, alchimie, îndatoririlor sale la Monetărie și problemelor religioase. Multe din scrierile lui religioase au fost strânse și publicate după moartea sa, printre acestea numărându-se și o dezbatere istorică despre *Două denaturări remarcabile ale Scripturilor*, *Cronologia vechilor regate* și *Observații la profețiile lui Daniel și Apocalipsa Sfântului Ioan*. În domeniul chimiei și alchimiei, Newton a scris un mare număr de cărți ce se constituie într-o adevărată bibliotecă. În afară de acestea, a început să corespundă cu prietenul său, celebrul chimist englez Robert Boyle, abordând chestiuni referitoare la combinații și experiențe chimice. Consecvent firii sale secretoase, el nu a dezvăluit niciodată scopul sau rezultatele propriilor experiențe chimice.

Evident, nici marile personalități nu sînt perfecte. Isaac Newton se enerva repede, fiind mai mult decît sensibil la orice critică adusă operei sale. Răzbunător cu inamicii săi (reali sau imaginari), dovedea lipsă de tact față de oamenii insuficient de înzestrați sau lipsiți de motivație. Între 1690 și 1692, după ce a activat în Parlament, cînd interesul său față de știință scăzuse simțitor, i-a acuzat în repetate rînduri de înșelăciune pe prietenii și colaboratorii săi apropiați John Locke și Charles Montagu, declarîndu-se dezamăgit de ei pentru că încercau să-i păteze reputația. Și-a revenit din aceste halucinații paranoice după 1693. Se pare că îl delectau disputele publice cu alți oameni de știință, cum ar fi astronomul britanic John Flamsteed, care i-a contestat lucrările de astronomie și optică, și matematicianul german Gottfried Wilhelm Leibniz, pe care Newton l-a acuzat de plagierea lucrărilor sale în materie de optică și calcul diferențial. În primul an al președinției sale la Royal Society, Newton scria: „Societatea noastră decade și nu produce nimic remarcabil... fiind condusă de persoane care ori nu pun preț decît pe propriile lor interese, ori nu înțeleg nimic altceva în afară de plante... (o aluzie la naturalistul Sir Hans Sloane, secretarul Societății Regale). Aceste dispute și altele asemenea care au avut loc de-a lungul vieții lui Newton au reprezentat atît cauza, cît și efectul amărăciunii sale.

Cu toate că această carte nu încearcă să stabilească o ierarhie a celor șapte mari descoperiri științifice din istorie, se cuvine să facem precizarea că descoperirea lui Newton a fost cea dintîi. Nu doar din punct de vedere cronologic (mai ales că un număr de cinci din celelalte șase au avut loc

în secolul XX), dar și pentru că multe din descoperirile care au urmat nu ar fi fost posibile fără opera sa. Impactul descoperirilor lui Newton continuă în secolul XX în multe domenii ale științei. Teoria ondulatorie a luminii folosește legile mișcării ale lui Newton, la fel ca și teoria cinetică a căldurii. Teoria lui Newton a influențat înțelegerea electricității și magnetismului și descoperirile din domeniile electrodinamicii și opticii făcute de Faraday și Maxwell. Fizica lui Newton a călăuzit știința timp de două sute de ani, pînă la începutul secolului XX, cînd Einstein a demonstrat că fizica trebuie să se dezvolte dincolo de cadrul legilor lui Newton. Pentru că Isaac Newton a formulat principiile de bază pe care a fost construită și condusă transformarea ce a dus la nașterea științei moderne, el va rămîne simbolul suprem al capacității omenești de a folosi rațiunea și metoda științifică pentru explicarea modului de funcționare a universului fizic.

PARTEA A II-A



Structura atomului

Un șir de două sute cincizeci de milioane de atomi de hidrogen lipiți unul de celălalt ar măsura circa 2,5 cm. Dacă atomul ar fi mărit la dimensiunile Superdomului din New Orleans, nucleul (compus din protoni și neutroni) ar avea dimensiunile unei perle în centrul acestei structuri, cu electronii deplasându-se cu viteze de mii de kilometri pe secundă pe niște orbite situate în perimetrul exterior al clădirii.

Nucleul este extrem de greu, reprezentînd 99,95% din greutatea atomului, iar fiecare proton are o masă de circa 1836 de ori mai mare decît aceea a fiecărui electron. Ceea ce înseamnă că aceste sarcini electrice chiar *cîntăresc* ceva! Cu toate acestea, „părțile” sau sarcinile electrice care alcătuiesc fiecare atom și fiecare element (hidrogenul, oxigenul, aurul, argintul, aluminiul, uraniul și toate celelalte elemente chimice) sînt incolore, insipide, inodore și nu au structură. Particulele subatomice nu sînt dure, moi, întunecate sau strălucitoare, cu toate că cele nouăzeci și două de elemente care se regăsesc în natură alcătuiesc tot ceea ce există pe Pămînt: oceane, munți, aer, toate plantele și animalele, inclusiv oamenii. *Consistența* și celelalte caracteristici ale obiectelor înconjurătoare în compoziția cărora intră această „materie primă” rezultă din interrelațiile dintre forțele electrice exercitate între aceste particule subatomice.

În forma sa fundamentală, materia este alcătuită numai din aceste sarcini electrice. Această substanță creată din „nimic” care rezultă atunci cînd sarcinile electrice se combină pentru a forma atomi, iar atomii se combină pentru a forma elemente și molecule,

ar putea fi considerată cea mai grozavă iluzie, numai că este o realitate.

Partea a II-a a acestei cărți se ocupă de felul în care oamenii de știință au descoperit această uluitoare viziune asupra complexității lumii fizice, identificându-i pe principalii „responsabili” pentru această descoperire spectaculoasă, și explorează povestea incredibilă a modului cum am ajuns să descoperim cheia care a eliberat energia uriașă concentrată în nucleele atomice.

Capitolul 4

Chimie adevărată

„Mai întâi trebuie să ne întrebăm dacă elementele [pământ, aer, foc și apă] sînt eterne sau sînt supuse perpetuării și distrugerii. Este imposibil ca elementele să fi fost generate de aceeași substanță. Acest lucru implică existența unei substanțe aparte, anterioară elementelor.”

ARISTOTEL

Despre cer (cca. 330 î.Hr.)

În *Ascensiunea omului*, Jakob Bronowski scrie: „Genialitatea unor oameni ca Newton și Einstein constă în faptul că ei au formulat întrebări simple, firești, ale căror răspunsuri au efecte incomensurabile asupra indivizilor și societății“. Formularea unor astfel de întrebări reprezintă o tradiție antică statornicită inițial în Grecia, țară care a fost locuită încă de acum opt mii de ani, fiind prima civilizație durabilă a Europei. Aristotel a inventat termenul de „fizică“ pornind de la cuvîntul grecesc „physis“, care înseamnă natură, pentru a desemna studiul naturii. Multe din învățăturile și teoriile lui Socrate, Platon și Aristotel s-au dovedit inexacte, fiind abandonate în perioada Renașterii. Dar știința modernă își poate căuta în continuare rădăcinile în urmă cu două mii de ani – nu fiindcă unii sau alții dintre acești filozofi ar fi făcut vreo descoperire științifică, ci pentru că ei credeau că lumea fizică și universul pot fi înțelese prin intermediul gîndirii raționale. Acest recurs la logică și rațiune a evoluat în cele din urmă pînă la metoda științifică proprie științei moderne pe care Newton o va aplica magistral. Începînd cu epoca marcată de marea operă a lui Newton, unii oameni de știință și-au pus întrebări cu privire la compoziția materiei la nivelul ei fundamental. Aceste căutări vor da roade peste cîteva sute de ani, după secolul al XVII-lea, iar originea lor se află în „physis“-ul Greciei antice.

Teoria atomică modernă are rădăcinile în Grecia antică

Sunete și suflete compuse din atomi

În jurul anului 500 î.Hr., filozoful grec Anaxagoras, dornic să afle din ce este făcută materia, își imagina că taie pe jumătate o bucată de materie – de exemplu, o bilă de argint –, continuînd apoi înjumătățirea. După ce

a meditat asupra acestui lucru, el a formulat o teorie conform căreia un om poate continua să taie la neșfârșit această bucată de materie. Altfel spus, materia este divizibilă la infinit.

Pe țărmul nordic al Mării Egee se afla orașul grecesc Abdera (Avdhira de astăzi), o așezare întemeiată de refugiații din Lydia în urma invaziei persane din anul 540 î.Hr. Un om pe nume Leucip, care se stabilise acolo în anul 478 î.Hr., avea despre materie o teorie fundamental diferită de concluziile lui Anaxagoras, dar și de orice altă opinie avansată pînă în acel moment. Din opera lui Leucip s-au mai păstrat doar cîteva fragmente, astfel încît trebuie să ne bazăm pe scrierile discipolului său, Democrit, care i-a popularizat ideile, și pe caracterizarea filozofiei sale făcută de Aristotel, care îl citează deseori în voluminoasele sale scrieri. Teoria lui Leucip stabilește faptul că în univers există două și numai două lucruri: atomii și vidul. Leucip credea că tot ceea ce vedem este alcătuit din atomi (de la grecescul „átomos” – „de netăiat”, „indivizibil”) care se mișcă prin vidul spațial. El a afirmat că aceste ipotetice fragmente de materie sînt prea mici pentru a putea fi văzute. Totodată, acestea sînt atît de solide încît nu pot fi în nici un fel divizate (stabile, imuabile, indestructibile); ele apar sub diferite forme geometrice (explicînd astfel capacitatea lor de a se combina pentru a forma toate lucrurile din lume) și *se află în permanentă mișcare*. În urma ciocnirilor și regroupărilor, atomii formează materia care poate fi văzută. El nu putea să-și imagineze că acest splendid univers este alcătuit dintr-un nimic fără formă și fără identitate. Cum altfel ar putea lucrurile materiale să-și păstreze individualitatea și cum ar putea viețuitoarele să transmită descendenților imaginea lor extrem de complexă fără existența unui anumit tip indestructibil de materie?

Teoria atomică a lui Leucip a fost invocată ulterior de alți filozofi pentru a explica o mare varietate de fenomene. De exemplu, se presupunea că sunetele sînt generate de atomii de sunet care izbesc atomii de aer, care ating la rîndul lor urechea. Pînă și sufletul omenesc era compus din atomi. La fel ca majoritatea principiilor durabile emise de grecii antici, teoria lui Leucip și alte aplicații ale acesteia se bazau în întregime pe speculații. Era filozofie, nu știință. Dar, spre meritul său, Leucip a propus un concept care după 2400 de ani va ieși din nou la suprafață în teoria modernă a structurii atomului.

Și alți filozofi greci au meditat asupra naturii materiei, înainte și după Leucip și Anaxagoras. Empedocle (circa 495–435 î.Hr.) a fost primul care a considerat pămîntul, apa, aerul și focul drept substanțe elementare, în timp ce o mulțime de alți filozofi greci încercau să înțeleagă și să explice mediul înconjurător. Thales din Milet (circa 625–547 î.Hr.) a situat apa la baza a întregii materii. Anaximandros din Milet (circa 610–545 î.Hr.) a vorbit vag despre o „substanță primară” care are capacitatea tuturor tipurilor de lucruri și proprietățile lor (fierbinte, rece, umed, uscat etc.). Anaximenes din Milet (circa 585–524 î.Hr.) a propus aerul drept substanță primară care

se transformă în alte materiale. Platon și Aristotel au adoptat cele patru elemente ale lui Empedocle, adăugînd propriile puncte de vedere asupra felului în care funcționează materia și universul fizic. Cu toate că de-a lungul Evului Mediu oamenii au aderat la credința în cele patru elemente, pînă la urmă teoria atomică a lui Leucip va avea cîștig de cauză.

Procedeele și aparatura din alchimia medievală au stat la baza chimiei moderne

Pămîntul, Aerul, Focul și Apa încă dăinuie

În urmă cu cîteva mii de ani, oamenii au apreciat aurul ca pe o substanță rară și frumoasă, înțelegînd în același timp că acesta are calitatea unică de a rezista deteriorării și eroziunii. Cîtă vreme nu se cunoștea nici un acid care să poată ataca aurul, se credea că acesta are calitatea „permanenței”, calitate care putea fi transmisă oamenilor. Prin urmare, orice medicament împotriva îmbătrînirii conținea aur drept ingredient esențial, iar doctorii sfătuiau oamenii să bea din cupe de aur pentru a-și prelungi viața.

Această nevoie universală de aur a dat naștere alchimiei, disciplină recunoscută oficial încă din primul secol după Hristos. A apărut mai întîi în Grecia, apoi s-a răspîndit în țările mediteraneene din Orient, ajungînd în cele din urmă, în secolul al XII-lea, în Spania și Italia. Chiar dacă strădania de a obține aur din alte elemente era scopul inițial și central al alchimiei, un număr de doctori-alchimiști din Europa Evului Mediu au încercat să producă medicamente care să nu mai fie dependente de aur. În efortul lor de a obține esențe medicinale și esențe din materiale naturale, cum ar fi ierburile, acest grup de alchimiști a îmbunătățit metoda de separare a elementelor prin distilare. De exemplu, încă din secolul al XIII-lea, Thaddeus din Florența a evidențiat beneficiile medicale ale loțiunilor alcoolice obținute prin distilare administrate intern sau aplicate local. Paracelsus (1493–1541), doctor și alchimist elvețian, a fost primul om care a unit medicina și chimia prin folosirea remediilor sale care conțineau mercur, sulf, fier și sulfat de cupru. Aceasta a condus la folosirea distilării în abur și la îmbunătățirea echipamentului.

Progresul aparaturii și eforturile de a descompune sau distila substanțe au stat la baza chimiei moderne, dar în timp ce adevărata știință începea să se dezvolte în perioada Renașterii, studiul alchimiei a împiedicat apariția chimiei moderne. Chiar și după ce teoriile lui Francis Bacon despre metoda științifică au condus oamenii de la filozofia greacă la încrederea în dovezile empirice (adică în ceea ce poate fi observat și/sau măsurat), cele patru elemente (pămînt, aer, foc și apă) încă mai dăinuiau, neînțelegîndu-se că aceste patru substanțe reprezentau o *combinație* a elementelor fundamentale.

Pe măsură ce sînt descoperite elementele, filozofia greacă cedează locul științei

Flogisticul și ghilotina

Chimia – studiul legilor care guvernează comportamentul elementelor – s-a eliberat în cele din urmă de alchimie în 1661, atunci cînd chimistul irlandez Robert Boyle (1672–1691) a publicat *The Skeptical Chemist* (Chimistul sceptic), lucrare în care demonstrează că nu există nici un fundament pentru a considera pămîntul, aerul, focul și apa ca substanțe elementare. Boyle, unul dintre membrii fondatori ai Societății Regale din Londra (1660), a pus bazele analizei calitative care utiliza culoarea flăcării, testele prin sondaj, precipitatele și alte mijloace analitice în efortul de a descoperi elementele de bază din care sînt compuse mineralele și alte materiale. În 1662, el a stabilit că volumul de gaz este invers proporțional cu presiunea exercitată asupra lui. Astfel, dublarea presiunii unui anumit volum de substanță gazoasă provoacă înjumătățirea acestui volum, iar reducerea presiunii la jumătate din valoarea inițială determină dublarea volumului. Aceasta a devenit cunoscută drept legea lui Boyle și l-a condus pe autorul ei la teza conform căreia gazele trebuie să se compună din mici „corpusculi” între care se află foarte mult spațiu liber, ceea ce permite comprimarea volumului. Isaac Newton a confirmat explicația lui Boyle, considerînd atomii drept „mici particule de substanță cu anumite capacități, calități și forțe” datorită cărora pot să interacționeze. În momentul în care a ajuns la această idee, Boyle a declarat că Leucip trebuie să fi avut dreptate – acești corpusculi puteau fi comparați cu atomii lui Leucip. Reluînd ipoteza particulelor invizibile a lui Leucip, Boyle a devenit una dintre primele figuri importante din domeniul științei care s-a disociat de teoriile lui Anaxagoras și Aristotel despre materia divizibilă la infinit, spulberînd credința persistentă că pămîntul, aerul, focul și apa sînt materiile fundamentale ale universului.

Joseph Black (1728–1799), născut în Franța și educat în Scoția, a început să facă experiențe asupra elementelor componente ale aerului în 1750, ceea ce l-a condus la descoperirea bioxidului de carbon și a azotului. Urmînd exemplul lui Black, o mulțime de alți chimiști europeni s-au simțit atrași de curioasele și unicele proprietăți ale gazelor, începînd să se concentreze asupra compoziției acestora. Studiile lor au condus la concluzia că există un grup de substanțe gazoase care se combină pentru a constitui „aerul”. Prin urmare, ideea că aerul este *un element* a cedat locul noțiunii de „gaz”, care era considerat o *stare a materiei*, alături de starea lichidă și cea solidă. Pasul următor l-a reprezentat înțelegerea faptului că toate materialele de pe Pămînt sînt alcătuite din combinațiile cîtorva substanțe fundamentale.

În 1729, Georg Ernst Stahl, doctorul regelui Prusiei, a „inventat” conceptul de flogistic, o substanță misterioasă, invizibilă, incoloră, inodoră și insipidă, considerată a avea „greutate negativă”. Stahl a recurs la flogistic pentru a explica de ce anumite substanțe devin mai grele după ardere și pentru a atenua carențele teoriilor aristotelice la care continuau să se raporteze destul de mulți oameni. Susținută de un număr de chimiști de frunte, teoria flogisticului a persistat timp de câteva decenii. Chimistul britanic Joseph Priestley (1733–1804) a fost cel dintâi care a izolat oxigenul (în 1774), descriind rolul acestuia în ardere și respirație, dar l-a numit „aer deflogisticat”, fără să înțeleagă pe deplin importanța acestei descoperiri.

Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794), fiul unui bogat avocat parizian, a urmat tradiția familiei și în 1764 a obținut dreptul de a practica avocatura. Dar după doi ani l-a întors din drum dorința de a afla mai multe despre știință, un interes manifestat în primii ani de studiu al matematicii, astronomiei, chimiei și botanicii. Începînd din 1772, el a invalidat câteva dintre principiile vechilor greci despre pămînt, aer, foc și apă, cîștigîndu-și reputația datorită exactității procedurilor cantitative și unor experimente strălucite. Lavoisier avea intuiția și viziunea necesare pentru a scăpa de povara flogisticului prin măsurători atente ale greutății substanțelor, realizate spre a determina efectul obținut prin încălzirea acestora și prin descoperirea principiului conform căruia *o substanță poate fi considerată elementară numai dacă aceasta nu poate fi descompusă în substanțe mai simple în urma unui tratament chimic*. El a extins numărul elementelor cunoscute la treizeci și trei, deși unele erau eronate. Între anii 1776 și 1782, Lavoisier a efectuat experimente în urma cărora a izolat oxigenul din aer și a continuat opera lui Priestley referitoare la rolul oxigenului în ardere și respirație. Cuvîntul „oxygene” (derivat din termenul grecesc omonim cu semnificația „care formează acizi”) a fost folosit pentru prima oară într-o notă din jurnalul lui Lavoisier, datată 5 septembrie 1777. Într-un articol din 1783 (intitulat „Despre natura apei și experiențele care par să probeze că această substanță nu este propriu-zis un element, ci poate fi descompusă și recombinaată”), Lavoisier a informat Academia Franceză de Științe că apa este produsul combinării dintre hidrogen și oxigen. Într-o altă lucrare trimisă Academiei, Lavoisier a prezentat o analiză logică a substanței pe care în prezent o numim oxigen. Cu ajutorul unei balanțe sensibile, al intuiției și gîndirii logice, Lavoisier a completat efortul lui Boyle de a depăși o dată pentru totdeauna conceptul antic grecesc al „elementelor” pămînt, aer, foc și apă, anulînd teoria flogisticului. Datorită contribuției sale la elucidarea acestor probleme, el este considerat astăzi părintele chimiei moderne.

Toată viața sa de adult, Lavoisier a activat în politică, pe parcursul carierei sale deținînd posturi în guvernul francez din anul 1760 pînă în 1790, în domeniul economic, în agricultură, învățămînt și sănătate. În

urma Revoluției Franceze din 1789, în pofida politicii sale liberale, a numeroaselor sale acțiuni reformatoare, chiar în pofida participării sale la revoluție, Lavoisier a fost atacat din cauza statutului social de membru al marii aristocrații franceze, dar mai ales din pricina postului deținut în 1768 la Ferme-Générale, agenția de colectare a taxelor agricole. În 1793, cînd a început Domnia Terorii, iar Academia Franceză de Științe și alte societăți culturale au fost suspendate, Lavoisier a ajuns la închisoare. Pe data de 8 mai 1794, după un proces care a durat o singură zi, s-a pus prematur capăt, la vîrsta de 50 de ani, contribuțiilor lui Lavoisier la dezvoltarea științei și gîndirii raționale, în Place de la Concorde, la Paris, iar capul său prețios a căzut în coșul însîngerat de lîngă ghilotină, laolaltă cu al altor douăzeci de foști membri ai agenției Ferme-Générale.

Dalton formulează prima teorie atomică modernă, iar Mendeleev elaborează un cadru conceptual pentru elemente

Particule fundamentale și locuri goale în tabel

Așa se face că i-a fost dat unui quaker*, fiul unui biet meșteșugar rural din Anglia, să consacre ideea atomismului chimic. În octombrie 1803, John Dalton (1766–1844), profesor de matematică și științe naturale la New College din Manchester, a trimis Societății Literare și Filozofice din Manchester o comunicare referitoare la amestecurile și solubilitatea diferitelor gaze: „Detaliile depind de greutatea și numărul de particule fundamentale ale mai multor gaze... O cercetare asupra greutateilor relative ale particulelor fundamentale ale unei substanțe este, după cîte știu, un demers fără precedent. De curînd am realizat această cercetare cu un succes remarcabil...” Cu o lună înaintea acestei comunicări, el pregătise un tabel comparativ cu mase atomice, bazat în cea mai mare parte pe calculele făcute de Lavoisier și alți oameni de știință.

Cercul inițiat de Leucip în Grecia anului 478 î.Hr. s-a închis cu John Dalton, în Anglia primului deceniu al secolului al XIX-lea. Acum exista o teorie – mai elaborată decît teoria corpusculară a lui Boyle – rezultat a două secole de experiențe chimice, în urma cărora Dalton a ajuns la următoarele concluzii:

- Elementele sînt alcătuite din mici particule indivizibile, pe care Dalton le-a numit „atomi” în onoarea lui Leucip și Democrit.
- Atomii unui element sînt identici, dar diferă de atomii altor elemente.

* Membru al Societății Creștine a Prietenilor, sectă religioasă înființată în 1650 de George Fox, în Anglia. Principii de bază: primordialitatea Sfîntului Duh, puritanism, pacifism, anticlericalism, care susținea caracterul imoral al sclaviei (n.tr.).

Tabelul 4-1

Tabelul lui Dalton (1803) cu greutatele relative ale particulelor fundamentale

Hidrogen	1,0	Protoxid de azot	13,7
Azot	4,2	Sulf	14,4
Carbon	4,3	Acid azotic	15,2
Amoniac	5,2	Hidrogen sulfurat	15,4
Oxigen	5,5	Acid carbonic	15,3
Apă	6,5	Alcool	15,3
Fosfor	7,2	Acid sulfuros	19,9
Hidrogen fosforizat	8,2	Acid sulfuric	25,4
Azot gazos	9,3	Hidrogen carbonatat	6,3
Eter	9,6	Gaz olefiant	5,3
Oxid de carbon gazos	9,8		

- Combinațiile chimice au loc atunci când atomii a două sau mai multe elemente formează o „legătură tare“.

Kepler și Newton nu aveau nevoie să înțeleagă structura atomului pentru a inventa legile gravitației sau ale mișcării. Dar la începutul secolului al XIX-lea cercetătorii care și-au propus să descopere structura fundamentală a materiei au început să-și dea seama că erau pe cale să dezvăluie acest secret. Fizicianul și chimistul suedez Jons Jakob Berzelius (1779–1848) a inițiat cercetări de chimie analitică la scurt timp după ce a aflat de teoria atomică a lui Dalton, fiind unul dintre primii oameni de știință care avea să recunoască marea ei importanță. Începînd cu anul 1810, Berzelius se va remarca prin contribuțiile sale la determinarea corectă a masei atomice, el fiind creatorul sistemului standard de simboluri și proporții chimice care este în vigoare și în zilele noastre.

De-a lungul următoarelor decenii, teoria atomică a lui Dalton va fi acceptată și de către alți oameni de știință, iar o dată cu lucrările italienilor Amedeo Avogadro (1776–1856), fizician, și Stanislao Cannizzaro (1826–1910), chimist, se va clarifica semnificația „legăturii tari“, adică a moleculelor. Teoriile lor combinate pun la dispoziție un mijloc de determinare a masei moleculare și a volumului. Prezentate în 1811, cele două părți ale ipotezei lui Avogadro pornesc de la premisa că: (1) *particulele fundamentale nu sînt în mod necesar atomi, dar pot fi grupuri de atomi unite pentru a forma molecule* și (2) *volum egale de gaz conțin un număr egal de molecule*. În pofida corectitudinii și utilității sale, ipoteza lui Avogadro nu era în concordanță cu principiile acceptate la data aceea. Așa se face că a trecut neobservată pînă în momentul în care Cannizzaro a adus un argument suplimentar în sprijinul ei, prezentînd această ipoteză în 1858, la un congres al chimiștilor din Germania. Aceasta a contribuit la

Tabelul 4-2
Descoperirea elementelor

<i>Înainte de 1700</i>	<i>1700-1799</i>	<i>1800-1849</i>	<i>1850-1899</i>
Antimoniu (Stibiu)	Beriliu	Aluminiu	Actiniu
Arsenic	Clor	Bariu	Argon
Bismut	Crom	Bor	Cesiu
Carbon	Cobalt	Brom	Disprosiu
Cupru	Fluor	Cadmiu	Gadolinu
Aur	Hidrogen	Calciu	Galiu
Fier	Mangan	Ceriu	Germaniu
Plumb	Molibden	Erbu	Heliu
Mercur	Nichel	Iod	Holmiu
Fosfor	Azot	Iridiu	Indiu
Argint	Oxigen	Lantan	Kripton
Sulf	Platină	Litiu	Neodim
Staniu	Stronțiu	Magneziu	Neon
Zinc	Telur	Niobiu	Poloniu
	Titan	Osmiu	Praseodim
	Wolfram	Paladiu	Radiu
	Uraniu	Potasiu	Rubidiu
	Ytriu	Rodiu	Samariu
	Zirconiu	Ruteniu	Scandiu
		Seleniu	Taliu
		Siliciu	Tuliu
		Sodiu	Xenon
		Tantal	Yterbiu
		Terbiu	
		Toriu	
		Vanadiu	

maturizarea rapidă a chimiei, care a devenit o știință adevărată, iar elementele au fost organizate într-un nou cadru conceptual.

În 1869 se cunoșteau 63 de elemente. Dmitri Mendeleev (1831-1907), născut în Siberia, cel mai mic dintre cei șaptesprezece copii ai unui învățător, a alcătuit un set de jetoane în care proprietățile elementelor (masa atomică, greutatea specifică, volumul, valența, punctul de topire etc.) erau înregistrate separat. Tot aranjând și rearanjând aceste jetoane, Mendeleev a descoperit că unele proprietăți reveneau „periodic“ atunci când „cărțile“ erau aranjate în ordinea crescătoare a masei atomice. El a elaborat un tabel menit să reflecte acest principiu, tabel care va fi publicat în 1869, după cum reiese din tabelul 4-3.

Mendeleev a formulat principiile aplicate în acest tabel, inclusiv dispunerea în ordine crescătoare a masei atomice și plasarea hidrogenului

Tabelul 4-3

Reproducerea tabelului vertical al lui Mendeleev din 1869

Elemente Tipice			K=39	Rb=85	Cs=133	—	—
			Ca=40	Sr=87	Ba=137	—	—
			—	?Yt=88?	?Di=138?	Er=178?	—
			Ti=48?	Zr=90	Ce=140?	?La=180?	Th=231
			V=51	Nb=94	—	Ta=182	—
			Cr=52	Mo=96	—	W=184	U=240
			Mn=55	—	—	—	—
			Fe=56	Ru=140	—	Os=195?	—
			Co=58	Rb=104	—	Ir=197	—
			Ni=59	Pd=105	—	Pt=198?	—
H=1	Li =7	Na=23	Cu=63	Ag=108	—	Au=199?	—
	Be=9,4	Mg=24	Zn=66	Cd=112	—	Hg=200	—
	B=11	Al=27,3	—	In=113	—	Tl=204	—
	C=13	Si=28	—	Sn=118	—	Pb=207	—
	N=14	P=31	As=75	Sb=122	—	Bi=208	—
	O=16	S=32	Se=78	Te=125?	—	—	—
	F=19	Cl=35,5	Br=80	I=127	—	—	—

în afara elementelor care îi urmează. Deoarece a intuit că multe dintre aceste elemente nu fuseseră încă descoperite, el și-a imaginat piesele lipsă bazându-se pe „culoarea“ și „forma“ celor cunoscute. De exemplu, el a prezis că va fi descoperit un element necunoscut cu masa atomică 44 pe locul următor celui ocupat de calciu. Predicția s-a dovedit corectă – în 1879, chimistul suedez Lars Fredrik Nilson (1840–1899) a descoperit acest element, pe care l-a numit scandiu.

Tabelul lui Mendeleev a devenit tabelul periodic al elementelor din epoca modernă, prezentat în tabelul 4-4, unul dintre cele mai importante instrumente de lucru în studiul chimiei. Coloanele verticale ale tabelului periodic modern se numesc *grupe*, iar rîndurile orizontale poartă denumirea de *perioade*. Numărul atomic al unui element este dat de numărul de protoni din nucleul atomului acelui element. Numărul de neutroni nu este luat în calcul. Tabelul periodic nu reprezintă doar o simplă și succintă organizare a tuturor elementelor, ci ilustrează și faptul că acestea formează „familii de elemente“ împărțite pe grupe sau în alte configurații logice, bazate pe caracteristicile definitorii (masă atomică, diametru, densitate și energie).

Tabelul 4-5 prezintă toate elementele naturale în ordinea numărului atomic, precum și masele atomice ale fiecărui element, determinate pe baza unei scale care folosește drept standard un tip specific de atom de carbon (C-12), în funcție de care sînt evaluate sau măsurate masele tuturor

Tabelul 4-4
Tabelul periodic modern al elementelor

3 Li	4 Br	19 Kr	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
11 Ne	12 Mg	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	87 Fr	88 Ra
87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
1 H	2 He	9 F	10 Ne	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si

Tabelul 4-5
Lista elementelor chimice naturale

Nr. atomic	Denumire	Simbol	Greutate	Nr. atomic	Denumire	Simbol	Greutate
1	Hidrogen	H	1,00794(7)	47	Argint	Ag	107,8682(2)
2	Helium	He	4,002602(2)	48	Cadmium	Cd	112,411(8)
3	Litium	Li	6,941(2)	49	Indium	In	114,818(3)
4	Beriliu	Be	9,012182(3)	50	Staniu	Sn	118,710(7)
5	Bor	B	10,811(5)	51	Stibiu	Sb	121,760(1)
6	Carbon	C	12,011(1)	52	Telur	Te	127,60(3)
7	Azot	N	14,006747(7)	53	Iod	I	126,90447(3)
8	Oxygen	O	15,9994(3)	54	Xenon	Xe	131,29(2)
9	Fluor	F	18,9984032(9)	55	Cesiu	Cs	132,90543(5)
10	Neon	Ne	20,1797(6)	56	Bariu	Ba	137,327(7)
11	Sodiu	Na	22,989768(6)	57	Lantan	La	138,9055(2)
12	Magneziu	Mg	24,3050(6)	58	Ceriu	Ce	140,115(4)
13	Aluminiu	Al	26,981539(5)	59	Praseodim	Pr	140,90765(3)
14	Siliciu	Si	28,0855(3)	60	Neodim	Nd	144,24(3)
15	Fosfor	P	30,973762(4)	61	Prometiu	Pm	[145]
16	Sulf	S	32,066(6)	62	Samariu	Sm	150,36(3)
17	Clor	Cl	35,4527(9)	63	Europiu	Eu	151,965(9)
18	Argon	Ar	39,948(1)	64	Gadolinu	Gd	157,25(3)
19	Potasiu	K	39,0983(1)	65	Terbiu	Tb	158,92534(3)
20	Calciu	Ca	40,078(4)	66	Disprosiu	Dy	162,50(3)
21	Scandiu	Sc	44,955910(9)	67	Holmiu	Ho	164,93032(3)
22	Titan	Ti	47,867(1)	68	Erbiu	Er	167,26(3)
23	Vanadiu	V	50,9415(1)	69	Tuliu	Tm	168,9342(3)
24	Crom	Cr	51,9961(6)	70	Yterbiu	Yb	173,04(3)
25	Mangan	Mn	54,93805(1)	71	Lutețiu	Lu	174,967(1)
26	Fier	Fe	55,845(2)	72	Hafniu	Hf	178,49(2)
27	Cobalt	Co	58,93320(1)	73	Tantal	Ta	180,9479(1)
28	Nichel	Ni	58,6934(2)	74	Wolfram	W	183,84(1)
29	Cupru	Cu	63,546(3)	75	Reniu	Re	186,207(1)
30	Zinc	Zn	65,39(2)	76	Osmiu	Os	190,23(3)
31	Galiu	Ga	69,723(1)	77	Iridiu	Ir	192,217(3)
32	Germaniu	Ge	72,61(2)	78	Platină	Pt	195,08(3)
33	Arsenic	As	74,92159(2)	79	Aur	Au	196,96654(3)
34	Seleniu	Se	78,96(3)	80	Mercur	Hg	200,59(2)
35	Brom	Br	79,904(1)	81	Taliu	Tl	204,3833(2)
36	Kripton	Kr	83,80(1)	82	Plumb	Pb	207,2(1)
37	Rubidiu	Rb	85,4678(3)	83	Bismut	Bi	208,98037(3)
38	Stronțiu	Sr	87,62(1)	84	Poloni	Po	[209]
39	Ytriu	Y	88,90585(2)	85	Astatiniu	At	[210]
40	Zirconiu	Zr	91,224(2)	86	Radon	Rn	[222]
41	Niobiu	Nb	92,90638(2)	87	Franciu	Fr	[223]
42	Molibden	Mo	95,94(1)	88	Radiu	Ra	[226]
43	Technețiu	Tc	[98]	89	Actiniu	Ac	[227]
44	Ruteniu	Ru	101,07(2)	90	Toriu	Th	232,0381(1)
45	Rodiu	Rh	102,90550(3)	91	Protactiniu	Pa	231,03588(2)
46	Paladiu	Pd	106,42(1)	92	Uraniu	U	238,0289(1)

celorlalte elemente. Carbon-12 este un „izotop“ al atomului de carbon, adică o „specie“ de carbon printre altele, cu comportament chimic aproape identic, dar avînd mase atomice diferite. Majoritatea elementelor reprezintă amestecuri compuse din cîtiva izotopi – adică din atomi la care diferă puțin raportul dintre neutroni și protoni. Masele atomice ale elementelor cu izotopi „instabili“ sînt trecute în tabelul 4-5 între paranteze, drept valori ale masei celor mai stabili izotopi.

Oamenii de știință și-au dat seama în scurt timp că pentru a înțelege pe deplin fundamentul fizic al legilor chimice trebuie să determine comportamentul real al atomului, lucru considerat imposibil pînă în secolul al XIX-lea. De asemenea, mulți dintre fizicienii de la sfîrșitul secolului al XIX-lea erau nemulțumiți de descrierea atomului făcută de Dalton, deoarece părea să nu se potrivească cu sistemul newtonian de principii fizice și, în plus, nu explica comportamentul electric al materiei. Pe linia cercetărilor asupra acestui comportament se înscriu eforturile fizicienilor de a înțelege mai bine comportamentul gazelor în combinație cu electricitatea. Numeroase experiențe consacrate acestui fenomen au fost efectuate de către fizicieni și chimiști din secolul al XIX-lea. În 1879 chimistul și fizicianul britanic William Crookes (1832–1919) a făcut publice rezultatele numeroaselor sale cercetări asupra descărcărilor electrice în gaz. Pentru aceste experimente folosea un tub de vid realizat pe baza unui proiect propriu (cunoscut acum drept tubul Crookes), care constă dintr-un catod (adică un electrod negativ) și un anod (un electrod pozitiv) pentru a permite sarcinii electrice să treacă prin tub. Crookes a observat că din tub apăreau radiații de origine și compoziție necunoscute atunci cînd electricitatea trecea prin gaz. El a reușit să determine unele caracteristici ale radiațiilor, cum ar fi faptul că acestea au traiectorii curbe și produc fosforescență și căldură în cazul anumitor materiale. În următorii cincisprezece ani, numeroși alți chimiști și fizicieni au făcut experiențe cu radiații catodice și tuburi Crookes pentru a înțelege compoziția și caracteristicile acestor raze misterioase.

În preajma secolului XX, în lumea savanților exista mai multă motivație pentru a descoperi și înțelege din ce este făcută materia decît în anul 478 î.Hr., an în care Leucip a elaborat teoria sa atomică primitivă. Atunci cînd a devenit evident că toți atomii prezintă caracteristici comune și că atomul poate fi compus din particule și mai mici, fizicienii și chimiștii au preluat ștafeta de la predecesorii lor din ultimul deceniu al secolului al XIX-lea. În următorii ani, ei au făcut dezvăluiri spectaculoase cu privire la structura internă a atomului. Așa cum vom arăta în următorul capitol, efortul de a înțelege natura radiațiilor catodice a fost o verigă importantă în descoperirea acestei structuri. Apoi, cu un dram de noroc, datorită observațiilor indirecte asupra comportamentului atomului, precum și cercetărilor făcute cu răbdare și atenție, au fost descoperite „bucățile“ de atom care au condus oamenii de știință la înțelegerea legilor ciudate, unice și secrete ale acestuia.

Capitolul 5

Salt cuantic

„Atomul nu și-a dezvăluit secretele decât în mod gradat, ca într-o piesă de teatru bine scrisă, lăsînd să se întrevadă scurte scînteieri de cunoaștere pentru a lumina anumite părți ale poveștii, dar amestecînd scenele și replicile astfel încît acestea să fie lămurite abia la sfîrșit, după ce mulți dintre spectatori vor fi abandonat speranța de a înțelege ceva.”

ROBERT P. CREASE și CHARLES C. MANN
A doua facere a lumii (1986)

De la distanță, o plajă de nisip pare a fi alcătuită dintr-un material omogen. Chiar dacă ochiul omenesc nu este capabil să discearnă de la distanță fiecare grăunte de nisip, nimeni nu poate pretinde că plaja reprezintă o entitate sau o masă de substanță fără părți constituente. De asemenea, în pofida incapacității noastre de a vedea atomii, nu putem respinge, în absența dovezilor, nici existența unei configurații particulare a acestora. A vedea nu înseamnă în mod necesar a crede. Dacă bunul-simț sugerează că atomul este alcătuit din materie, atunci ce fel de materie este aceasta? Oare acest infim fragment de materie este divizibil la infinit, așa cum credea Anaxagoras? De ce? În ce anume se divide? Există ceva ce ar putea fi considerat *cel mai mic* fragment de materie?

Descoperirea accidentală a razelor X de către Röntgen inaugurează căutarea particulelor subatomice

Roci care emit radiații... cozonac cu stafide

Dacă s-ar putea fixa o dată pentru nașterea fizicii moderne, aceasta ar fi 8 noiembrie 1895. În acea zi, Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923), profesor de fizică la Würzburg, în Germania, studia lumina ultravioletă emisă de un tub catodic, direcționînd-o pe niște cristale de platinocianat de bariu care devin „fosforescente” sub lumină ultravioletă. Altfel spus, cristalele par să absoarbă lumina ultravioletă, după care o retransmit, emițînd propria lor lumină.

În cursul acestei experiențe, Röntgen a observat că razele emanate de tub trec *prin* diferite substanțe și obiecte din cameră pînă la o distanță de cîteva zeci de centimetri de tub, provocînd și fluorescența cristalelor. După

investigațiile făcute în următoarele săptămîni și eliminarea altor cauze posibile, el a orientat razele asupra unor plăci fotosensibile, reușind să înregistreze imaginea oaselor de la mîna soției sale, deoarece razele (pe care le-a numit „X”, simbolul științific pentru necunoscut) treceau prin masa moale a mîinii mai ușor decît prin oase. A fost prima radiografie realizată vreodată, devenind una dintre celebrele imagini din domeniul științei nu numai pentru că a dus la folosirea pe scară largă a razelor X în medicină, stomatologie și în multe alte domenii, ci și pentru că a reprezentat totodată un pas important în determinarea structurii atomului și descoperirea particulelor subatomice. În 1901, Röntgen a devenit cel dintîi laureat al Premiului Nobel pentru Fizică pentru descoperirea razelor X.

Pe 7 ianuarie 1896, la două luni după ce Röntgen descoperea razele X, marele matematician și om de știință Henri Poincaré a văzut fotografii făcute cu aceste raze X și a fost atît de uimit încît le-a arătat unor doctori, întrebîndu-i dacă pot să copieze munca lui Röntgen. La 23 ianuarie 1896, acești doctori parizieni au prezentat la Academia Franceză de Științe o comunicare în legătură cu acest fenomen. Fizicianul Antoine Henri Becquerel (1852–1908) făcea parte din auditoriu atunci cînd au fost expuse fotografiile realizate cu ajutorul razelor X. Becquerel, cel de-al treilea membru al familiei Becquerel care ocupa catedra de fizică la Muzeul de Istorie Naturală din Paris, era interesat în mod special de acest subiect deoarece studiasse fosforescența produsă de diferite tipuri de roci care străluceau în întuneric, iar acum dorea să-și testeze ipoteza potrivit căreia exista o legătură fundamentală între razele X și lumină. El a făcut experiențe cu diferite tipuri de materiale, iar pe 24 februarie 1896 a devenit suficient de încrezător în rezultatele obținute pentru a prezenta o comunicare la Academie, raportînd că fosforescența rocilor expuse la lumina ultravioletă venită de la soare emite și misterioasele raze X. Totuși, atunci cînd va descoperi niște imagini înregistrate pe cîteva plăci fotografice depozitate într-un sertar, la întuneric, avea să-și dea seama că s-a înșelat. Becquerel a observat că uraniul conținut de o bucată de sulfat potasic de uraniu aflat în sertar emitea de la sine un anumit tip de radiație – fără să fie expus la lumina soarelui. Becquerel a continuat cercetările asupra acestui fenomen, iar în 1896 a publicat șapte comunicări științifice pe această temă.

Pe măsură ce vestea se răspîndea în lume, fizicienii au extins cercetările cu raze X asupra emanațiilor uraniului. Sursa și natura acestor emanații – numite particule alfa sau raze alfa – erau complet necunoscute. Ideea că o piatră poate emite radiații suficient de puternice pentru a penetra plăcile fotografice venea în contradicție cu convingerile oamenilor de știință, și mai ales cu legile conservării energiei, conform cărora energia nu poate fi creată sau distrusă. Spre deosebire de razele X, pe care Röntgen le obținuse prin intermediul electricității și al razei tubului catodic, se părea că radiațiile lui Becquerel nu veneau *de nicăieri*. În consecință, fizicienii au făcut

cercetări asupra atomului de uraniu, încercînd să determine sursa particulelor alfa.

La începutul anului 1897, Joseph John Thomson (1856–1940), director al Laboratorului Cavendish din Cambridge, Anglia, cel mai bine dotat laborator de fizică din Europa și poate chiar din lume, a fost primul care a descoperit că cel puțin un tip de radiație emis de tubul catodic Röntgen conținea un flux de mici particule (pe care el le-a numit corpusculi, cunoscuți acum sub numele de electroni), fiecare dintre ele avînd o încărcătură electrică negativă. Pe 29 aprilie 1897 Thomson a prezentat o lucrare asupra acestei teorii la Societatea Regală, pretinzînd că particulele respective sînt constituenții materiei, fiind mai mici decît orice alt obiect cunoscut, inclusiv atomul. Acest lucru a provocat un adevărat scandal de vreme ce membrii comunității științifice nu credeau că poate exista ceva mai mic decît un atom. Thomson a făcut speculația că particulele alfa emise de uraniu ar fi fost tot electroni, dar nu exista nici o dovadă în sprijinul acestei teorii. În timp ce Thomson realiza respectivele experiențe, Heinrich Hertz (1857–1894), un profesor din Bonn, Germania, a anunțat că un metal precum zincul, care fusese încărcat cu o sarcină electrică negativă, ceda această încărcătură atunci cînd era expus la lumina ultravioletă. Ca urmare a cercetărilor efectuate de Thomson, Hertz și alți oameni de știință s-au convins de existența electronilor.

Descoperirea electronilor a condus apoi la ipoteza avansată de unii fizicieni care afirmau că dacă în interiorul atomului există fragmente de materie încărcate negativ, înseamnă că trebuie să existe și forme de materie încărcate pozitiv care să le echilibreze. Dar din cauza sărăciei de informații cu care ar fi putut să fundamenteze o teorie, aveau o idee mult prea vagă despre o asemenea contra-forță pozitivă, astfel încît nimeni nu a reușit să dea o descriere convingătoare a structurii atomului. Prin urmare, la sfîrșitul anului 1897, oamenii de știință aveau păreri diferite despre atomi: „un urdiniș bîzîitor cu mii de electroni ținuți cumva laolaltă de un liant încărcat pozitiv“, „un conglomerat poros, de consistența aluatului“ sau „un cozonac cu stafide“, conform modelului sugerat de J.J. Thomson, în care electronii erau „stafidele“ înglobate în nucleu.

Marie Curie deschide calea identificării particulelor alfa și dovedirea existenței elementelor radioactive

Mîini pătate de acid și un acoperiș găurit

În 1891, Marie Curie (1867–1934) (născută Manya Skłodowska) a părăsit Polonia natală sosind în Gare du Nord, din Paris. Turnul Eiffel, aflat în centrul atenției Tîrgului Internațional din 1889, se înălța deasupra orașului ca un simbol al tehnologiei moderne, împreună cu lămpile electrice

și vehiculele cu combustie internă care circulau pe marile bulevarde. Venise să locuiască împreună cu sora sa, Bronya, o doctoriță ale cărei studii fuseseră susținute în parte din micile și trudnicele economii ale lui Marie, aceasta părăsindu-și cu părere de rău tatăl și restul familiei în Varșovia. În curînd, Marie își va păta mîinile cu acid pentru tot restul vieții ca urmare a experiențelor chimice efectuate în laboratorul profesorului Gabriel Lippmann, la Sorbona, unde Marie spera să se specializeze în matematică și științe.

În 1896 a primit certificatul care-i permitea să predea la un liceu de fete, dar în anul următor ea s-a hotărît să-și dea doctoratul în științe, un succes nemaiațins de nici o altă femeie din Europa. Fascinată de recenta descoperire a razelor X și a particulelor alfa de către Röntgen și Becquerel, ea avea să-și aleagă ca subiect al tezei de doctorat particulele alfa. *Care era sursa de energie care impresionase plăcile fotografice ale lui Becquerel? Ce fel de radiații emana uraniul?* Poate că era un flux de electroni, așa cum sugerase Thomson, dar nu exista nici o certitudine. Ea a ales această temă deoarece domeniul era atît de nou încît nu putea fi studiat decît pe baza experiențelor de laborator, pentru care avea o reală slăbiciune (spre deosebire de munca de documentare desfășurată între rafturile bibliotecii), dar și fiindcă reprezenta un obiectiv exact și bine definit. Deoarece majoritatea fizicienilor înaintau pe bîjbîite pentru a obține cît mai multe detalii menite să-i ajute la definitivarea concepțiilor și a teoriei atomice, Marie Curie a devenit o adevărată rivală a lui Becquerel și a unui fizician numit Ernest Rutherford, fiind primă care va înțelege sursa, natura și comportamentul particulelor alfa pe care le descoperise Becquerel. Va dedica tot restul vieții sale acestui subiect, legîndu-și pentru totdeauna numele de istoria fizicii nucleare.

Munca lui Marie Curie a început într-o magazie părăsită, neîncălzită și umedă din cauza deselor ploi care pătrundeau prin acoperișul găurit. Primele ei însemnări au fost datate 16 decembrie 1897, moment în care a început să folosească electrometrul cu piezo-cuarț inventat de soțul său Pierre și de fratele acestuia, Jacques, un profesor de mineralogie. Electrometrul cu piezo-cuarț măsura fluxul electronic slab emanat de uraniu și de alte substanțe. Pierre era șeful laboratorului din cadrul nou-înființatei Facultăți de fizică și chimie industrială din Paris și lucra alături de Marie. Cu toate acestea, Marie a fost prima care a elaborat teoria conform căreia *emisia de radiații trebuie să fie un fenomen ce vine din interiorul atomului de uraniu*. Altfel spus, radiațiile uraniului făceau parte din materie, spre deosebire de razele X, cunoscute acum drept o formă de radiație electromagnetică (nefiind ceva absorbit și apoi redat sub formă de fosforescență). Ea a numit acest termen „radioactivitate“, de la latinescul „radius“, care înseamnă „rază“. Această simplă ipoteză va deveni cea mai importantă contribuție a lui Marie Curie în domeniul științei, deoarece

le-a permis și altora să construiască modele teoretice ale structurii atomului, lucru care a dus la dezvăluirea acestei structuri la începutul secolului XX.

De remarcat că pe 12 aprilie 1898, la doar câteva luni după ce începuse cercetările, fără nici o sursă anterioară de documentare și inspirație, Marie a redactat primul său raport: „Radiția emisă de compușii uraniului și toriului“. Lucrarea va fi prezentată Academiei Franceze de Științe, fiind susținută de profesorul Lippmann, deoarece lucrările nu puteau fi prezentate decât de membrii Academiei. În ziua de 18 iulie 1898, Marie și Pierre au descoperit un element necunoscut pînă atunci, poloniul (numit astfel după țara ei natală, Polonia), iar pe data de 26 decembrie, după numai un an de la începerea lucrului la teza de doctorat, cei doi savanți au anunțat existența unui nou element, pe care l-au numit radiu. Marie Curie a stabilit că radiul era de un milion de ori mai radioactiv decât bucata de uraniu de la care porniseră toate cercetările asupra radiației. Bineînțeles că Marie Curie a obținut titlul de doctor în științe. În 1903, împreună cu Pierre și Henri Becquerel, a câștigat Premiul Nobel pentru Fizică pentru descoperirea radioactivității.

Rutherford elaborează conceptul modern de atom

Folie de aur și particule alfa

Neozeelandezul Ernest Rutherford (1871–1937) a venit în Anglia în 1895, fiind primul student străin căruia i s-a permis să facă cercetări în Laboratorul Cavendish. A părăsit acest laborator în 1898 pentru a prelua catedra de fizică de la Universitatea McGill din Montreal, unde și-a continuat opera de o viață, dedicată studierii razelor alfa. Timp de 18 luni din cei nouă ani petrecuți acolo, el a lucrat cu Frederick Soddy (1877–1956), un tânăr chimist din Oxford; din această perioadă datează descoperirea cum că elementele care dovedesc radioactivitate se transformă lent în alte elemente – o dovadă suplimentară în sprijinul afirmației că legea conservării energiei nu era corectă și că elementele chimice nu aveau caracter imuabil. De exemplu, toriul cu care lucrau s-a transformat în heliu. Această lucrare, publicată în 1902 în *Philosophical Magazine*, reprezenta cea mai importantă contribuție la înțelegerea radioactivității de la descoperirea radiului de către soții Curie, în urmă cu patru ani.

În 1903, în timp ce unii oameni de știință încă mai cochetau cu ideea „cozonacului cu stafide“, modelul atomic propus de Thomson, alții sugerau că atomii sînt alcătuiți dintr-un număr diferit de elemente componente, numite „dinamizi“. În 1904, fizicianul japonez Hantaro Nagaoka a propus teoria conform căreia electronii s-ar roti pe un „inel saturnian“ – o sferă cu sarcină pozitivă înconjurată de un halo de electroni care se resping reciproc, asemănător planetei Saturn. În vreme ce se analizau toate aceste

teorii cu privire la structura atomului, oamenii de știință au stabilit în anul 1906 că razele X sînt o formă de radiație electromagnetică cu o lungime de undă extrem de scurtă. Cu toate că descoperirea razelor X a marcat începutul cercetărilor asupra atomului, iar mai tîrziu se va dovedi că există o legătură directă între structura atomului și razele X, în acele momente întrebările oamenilor de știință nu se concentrau asupra *radiației* electromagnetice de genul razelor X, a luminii sau a undelor radio, ci asupra *particulelor subatomice* de genul electronilor sau particulelor alfa.

În 1907, anul întoarcerii sale în Anglia pentru a ocupa un post la Universitatea din Manchester, Rutherford a reluat o mai veche controversă cu Becquerel asupra comportamentului particulelor alfa împrăștiate de materialul radioactiv. Atunci cînd Becquerel a declarat că experimentele sale conduceau la concluzia că particulele alfa par să se ciocnească puternic cu moleculele de aer întîlnite în cale, Rutherford a început să facă propriile cercetări pentru a afla motivul acestui fenomen. Cu ajutorul asistentului său, fizicianul Hans Geiger (1882–1945) – cel care mai tîrziu va inventa conșorul Geiger, primul detector de particule alfa –, Rutherford a determinat faptul că o singură particulă alfa din 8000 este respinsă cînd se izbește de o foiță de aur.

În cele din urmă, spre sfîrșitul lunii noiembrie a anului 1911, Ernest Rutherford a stabilit că, pentru a putea respinge particulele alfa, cea mai mare parte a atomului trebuie să fie concentrată într-un miez încărcat electric, de dimensiuni extrem de reduse, aflat în centrul său. Rutherford a prezentat această teorie la una din sesiunile Societății Literare și Filozofice din Manchester la 7 martie 1912. După părerea lui Rutherford, devierea particulelor alfa trebuie să fi fost cauzată de ceva foarte mic și foarte greu din interiorul atomilor materialului de care se ciocnesc aceste particule, de genul foliei de aur cu care Rutherford făcuse experiențe. El a respins modelul atomic al „cozonacului cu stafide” propus de Thomson deoarece electronii nu ar fi putut să ricoșeze, descriind în schimb atomul ca fiind „o sarcină electrică concentrată într-un punct central” (referindu-se la

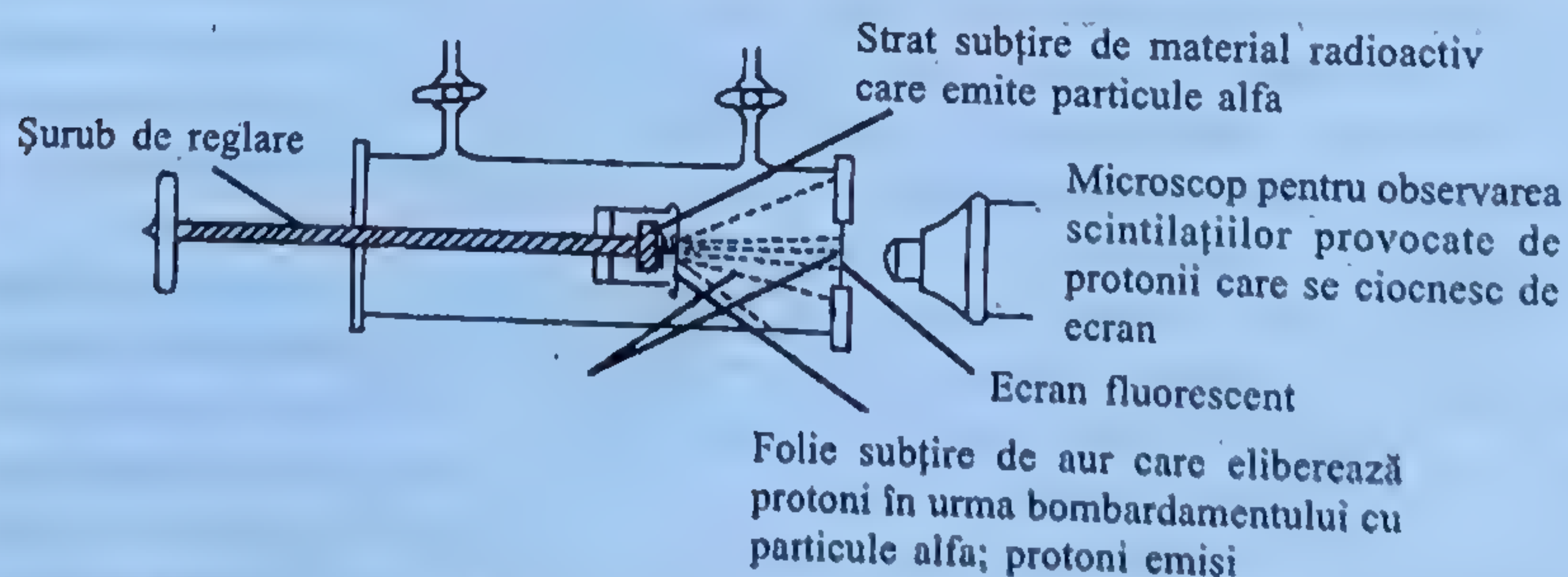


Figura 5-1. Instalația lui Rutherford pentru studierea elementelor prin bombardare cu particule alfa

nucleu), cu „o distribuție sferică uniformă a sarcinilor electrice de semn opus” (referindu-se la electroni). Nu contează care dintre sarcini e pozitivă sau negativă – important este că ele au încărcături de semn opus. „Distribuția sferică uniformă” a electronilor este în mod tradițional considerată ca avînd încărcătură negativă.

Comunicarea descrierii sale marchează începutul înțelegerii moderne a structurii atomului. Ajunsese primul la linia de sosire, înaintea lui Marie Curie și a lui Becquerel. Știm acum că particulele alfa descoperite de Becquerel reprezintă nuclee ale atomilor de heliu care sînt catapultate din atomii dezintegrați radioactiv cu viteze de peste 16 000 de kilometri pe secundă. Pentru elaborarea acestui model atomic, Rutherford a primit o mulțime de onoruri, fiind înmobilat în anul 1914, dar nu i s-a decernat niciodată Premiul Nobel pentru Fizică.

Cu toate că opera lui Rutherford a stat la baza concepției moderne despre atom, se ridicau în continuare mai multe probleme serioase. O serie de fizicieni, printre care și Rutherford, și-au dat în scurt timp seama că, dacă acest model era corect, se impunea explicarea motivului pentru care electronii de pe orbită nu sînt absorbiți de nucleul încărcat pozitiv. Altfel spus, teoria lui Rutherford avea un caracter novator, dar atomul lui era instabil din punct de vedere mecanic și electromagnetic. Din acel moment și-a concentrat eforturile în direcția găsirii unui tip de mecanism de echilibru în interiorul atomului.

Bohr stabilește că existența unor cantități fixe de energie le permite electronilor să se mențină pe orbite

Lună de miere anulată... Taxarea în cuante de lumină

Născut în Danemarca, Niels Bohr (1885–1962) a venit în Anglia în 1911 pentru a lucra timp de doi ani cu J.J. Thomson la Cavendish. El a studiat modelul „cozonac cu stafide” propus de Thomson și, la fel ca Rutherford, a contestat corectitudinea acestuia. La scurt timp după sosire, Bohr a avut ocazia de a-l atrage pe Thomson într-o discuție despre concepția acestuia asupra nucleului, dar slaba cunoaștere a limbii engleze îi limita danezului capacitatea de a se exprima, astfel încît a sfîrșit prin a-i arunca faimosului om de știință următoarele cuvinte: „Este incorect!” Din cauza divergențelor de opinie cu privire la atom, șederea lui Bohr la Cavendish nu a fost prea plăcută, drept pentru care el a aranjat să lucreze pentru Rutherford, la Manchester, în martie 1912, luna în care Rutherford își prezenta noua lucrare despre structura atomului, devenită între timp celebră.

Asocierea cu Rutherford s-a dovedit fructuoasă, căci amîndoi împărtășeau idei asemănătoare despre relațiile dintre electroni și nucleu și chiar despre faptul că atîta vreme cît nu se va rezolva problema *instabilității*

atomului nimeni nu va accepta modelul propus de Rutherford. Spre sfârșitul primăverii anului 1912, la numai câteva luni după asocierea cu Rutherford, Bohr a sugerat că teoria despre lumină elaborată de Max Planck și Albert Einstein poate fi aplicată și în cazul atomului. Planck și Einstein susțineau că lumina constă din cantități discrete de energie numite *cuante*. Bohr a extins această teorie, considerînd cuantificarea drept o proprietate fundamentală a *tuturor* formelor de energie. Dacă era adevărată, această ipoteză putea oferi o explicație a stabilității atomului. *Este posibilă o legătură între aceste cantități fixe de energie și electronii aflați pe orbite fixe în jurul nucleului?* Bohr începe să caute răspunsul la această întrebare.

El s-a întors la Copenhaga în vara anului 1912 și s-a căsătorit cu logodnica sa, Margrethe Norlund. Au contramandat luna de miere pe care o plănuiseră pentru ca Bohr să aibă timp să-și elaboreze teoria. După șapte luni, în februarie 1913, pe cînd Bohr încă se mai chinuia să-și expună teoria atît sub aspect conceptual, cît și matematic, un prieten i-a sugerat să arunce o privire asupra lucrării unui profesor suedez, Johann Balmer (1825–1898), care elaborase o formulă pentru calcularea frecvenței luminii emise de atomi. Bohr a înțeles imediat că o combinație între această formulă și cuantele Planck-Einstein îi va oferi informația necesară pentru a descrie comportarea electronilor care se rotesc în jurul nucleului. Aplicînd această formulă în cazul cuantelor, el a demonstrat că:

- Electronii trebuie să ocupe poziții fixe, precum sateliții care se rotesc în jurul globului la o anumită distanță de acesta.
- Un electron care „sare” de pe o orbită pe alta poate provoca o creștere a numărului de „cuante” de energie sau o eliberare a acestora.

Un atom nu emite radiație atîta timp cît se află într-o stare stabilă, ci numai atunci cînd trece de la o stare la alta. Această energie este emisă sub formă de radiații electromagnetice, o parte din ea putînd fi văzută sub formă de lumină. Așa cum au explicat Robert Crease și Charles Mann în *A doua Facere a Lumii*, „cuantele de lumină sînt taxe colectate sau achitate de electronii care sar de pe locurile stabilite în cadrul atomului. Liniile spectrale descrise de formula lui Balmer reprezintă o serie de zvîcniri, de sărituri și salturi, zbenguierile singurului electron al atomului de hidrogen”. Atomul nu absoarbe și nici nu emite energie în mod continuu, ci doar în „cuante”, un termen frecvent folosit în zilele noastre chiar și în afara fizicii, avîndu-și originea în teoria lui Niels Bohr.

Pe 6 martie 1913, la aproape un an după ce Rutherford descrisese atomul ca pe o sarcină electrică centrală înconjurată de o distribuție uniformă a electricității de semn opus, asistentul și colegul său Niels Bohr își publica propria teorie în numerele din iulie, septembrie și noiembrie 1913 ale revistei *Philosophical Magazine*, dînd astfel soluția problemei

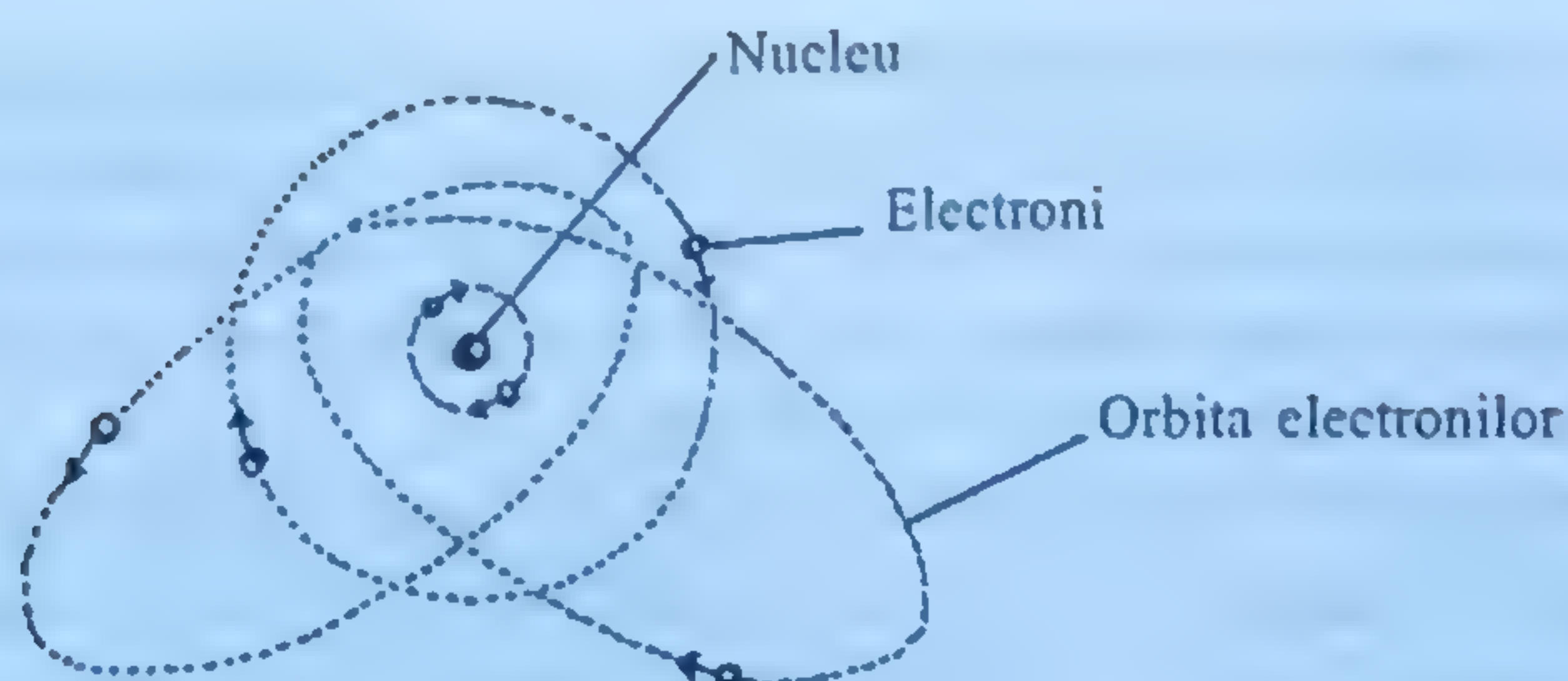


Figura 5-2. Modelul Bohr-Rutherford al atomului de carbon

maie ridicate de Rutherford. Se născuse concepția despre atom Bohr-Rutherford.

Teoria lui Bohr va fi confirmată în cursul aceluiași an de fizicianul englez Henry Moseley (1881–1915) printr-o serie de experimente care dovedeau că lumina de înaltă energie emisă atunci când electronii trec de la un nivel energetic superior la unul inferior se prezintă sub forma razelor X descoperite de Röntgen în 1895 – adică exact legătura menționată mai sus dintre razele X și electroni – și că acolo există o corelație matematică (cunoscută drept legea lui Moseley) între frecvența razelor X emise de un element și numărul său atomic. Dacă se cunoaște frecvența razelor X, poate fi determinată valoarea sarcinii electrice a nucleului. Această măsurare a energiei razelor X, specifică fiecărui element în parte, este folosită în zilele noastre pentru detectarea „amprentelor” elementare ale unei substanțe, cum ar fi un fluid sau o rocă de compoziție necunoscută.

Așa cum se menționează în capitolul 4, chimiștii din secolul al XIX-lea Avogadro și Cannizzaro și-au imaginat că atomii sînt uniți în „legături tari” sau molecule. Cu toate acestea, abia după elaborarea modelului atomic Bohr-Rutherford s-a înțeles cum are loc această legătură chimică. Asocierea atomilor în molecule apare atunci când există electroni „neîmperecheați” pe orbitele exterioare ale atomilor. Ca urmare a tendinței electronilor de

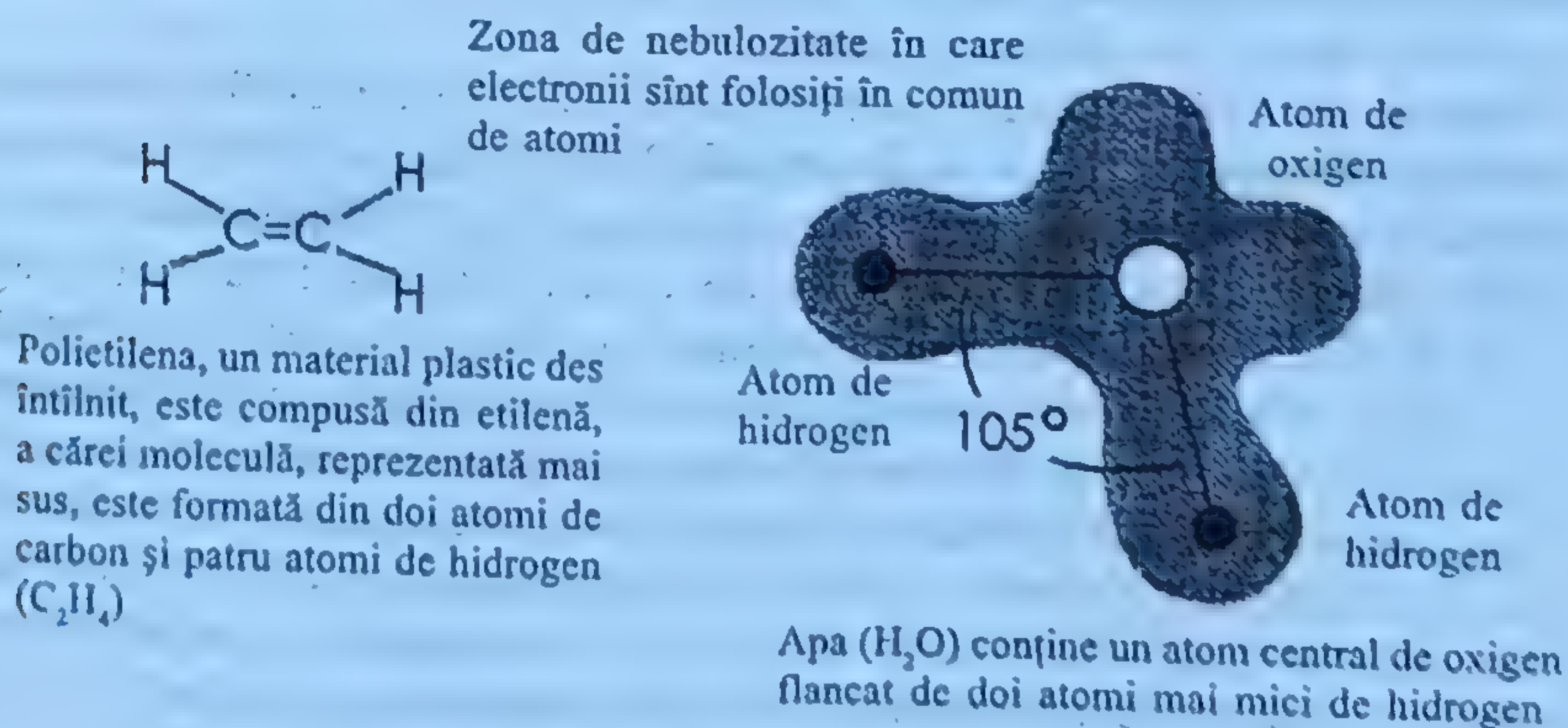


Figura 5-3. Moleculele

a se distribui în atomi în așa fel încât energia totală a unui grup de atomi să fie inferioară sumei atomilor componenți, atomii își împart electronii, formînd astfel moleculele. Numărul de electroni neîmperecheați de pe orbita comună reprezintă *valența* atomului, iar legătura sau „folosirea în comun” a electronilor reprezintă *covalența*.

Dacă ne imaginăm din nou că un atom ar putea fi mărit la scară pînă la dimensiunile Superdomului din New Orleans, atunci nucleul ar avea mărimea unei perle aflate în mijlocul acestei structuri, în timp ce electronii s-ar roti pe partea exterioară a clădirii cu o viteză medie de 300 000 de kilometri pe secundă, în funcție de fiecare orbită. Reducînd puțin proporțiile, dacă nucleul ar avea mărimea punctului de la sfîrșitul acestei propoziții, atunci electronii care se rotesc în jurul lui s-ar afla la aproximativ 23 de metri, cu un enorm volum de spațiu în întregime gol între acest punct și electroni. Atomul este virtual gol. Mărimea lui nu este decît o descriere a spațiului sau a „norului” în care electronii vibrează și se deplasează în mare viteză. Diametrul nucleului este de o sută de mii de ori mai mic decît diametrul întregului atom. Nucleul atomului reprezintă abia a mia parte dintr-o miliardime din volumul întregului atom. Într-o altă perspectivă, dacă Pămîntul ar crește pînă la incredibila dimensiune de 149 de milioane de kilometri în diametru (distanța de la Pămînt la Soare), nucleul celui mai mare atom, crescut proporțional, ar avea tot dimensiuni microscopice. Caracteristicile de bază ale atomului par atît de bizare și de străine experienței de zi cu zi încît sînt mai greu de conceptualizat. Această formă fundamentală de materie – fugară, tranzitorie, efemeră, ireală – pare a fi o iluzie. Dar manifestarea acestor sarcini electrice reprezintă realitatea noastră tangibilă.

În 1921, Universitatea din Copenhaga a creat special pentru Niels Bohr Institutul de Fizică Teoretică, iar el a deținut pînă la sfîrșitul vieții funcția de director. Institutul a devenit în scurt timp capitala mondială a fizicii atomice, atrăgînd cercetători și conferențieri de frunte din lumea întreagă. În 1922, Bohr a primit Premiul Nobel pentru Fizică pentru întreaga sa operă în domeniul teoriei atomice.

În urma publicării teoriei cuantice a lui Bohr, sute de fizicieni de la Cavendish (iar mai tîrziu de la Institutul Bohr) au aprofundat structura și funcționalitatea atomului – la fel ca arheologii care îndepărtează cu grijă straturile depuse pe o fosilă fragilă. Se construiau teorii care erau apoi aruncate în arena academică internațională pentru a vedea dacă rezistau experiențelor de laborator și analizei critice. În laboratoare, în corespondență și în paginile revistelor se dădeau înverșunate bătălii intelectuale între cele mai mari nume din lumea fizicii. *Electronul este o undă sau o particulă? Din ce cauză își schimbă electronii orbita? Ce forțe mențin nucleul intact? Mai există o altă particulă în nucleu?* În anii '20 a evoluat noua interpretare a atomului, numită mecanică cuantică, ce îmbina asemenea principii fizice cu descrierile matematice ale lui Bohr și ale altor oameni de știință.

O bună parte a cercetărilor realizate în următorii ani a fost direcționată către o mare particulă fără sarcină electrică („neutră”), despre care se bănuia că s-ar afla în nucleu. Rutherford prezisese existența unor asemenea „neutroni” încă din anul 1920, când efectuase o serie de experiențe în încercarea de a-i descoperi. Dar experiențele s-au dovedit neconcludente, iar ideea lui Rutherford a fost abandonată. Însă în 1932, un fost student al lui Rutherford, James Chadwick (1891–1974), care lucra la Universitatea din Cambridge și cunoștea predicția lui Rutherford, a confirmat existența neutronului în nucleu, la un an după ce Irène Curie și Frédéric Joliot (fiica și ginerele lui Marie Curie) i-au furnizat lui Chadwick un indiciu hotărâtor. Ei anunțaseră descoperirea unui nou tip de radiație de energie înaltă, dar *lipsită de sarcină electrică*, obținută în urma bombardării beriliului cu particule alfa. Curie și Joliot le-au confundat cu razele gamma, permițându-i astfel lui Chadwick să descopere evazivul neutron, lucru pentru care acesta va primi Premiul Nobel pentru Fizică în anul 1935. Această descoperire, în afară de faptul că a completat imaginea structurii fundamentale a atomului (constînd din trei „piese” de bază), a reprezentat totodată un pas esențial în utilizarea și eliberarea enormei forțe ascunse în nucleu.

La 4 iulie 1934 a murit Marie Curie, în vîrstă de 67 de ani, victimă a radiațiilor la care fusese supraexpusă aproape patru decenii. Moștenirea lăsată de ea putea fi văzută la tot pasul, iar descoperirile ei au transformat spectaculos și definitiv laboratorul de știință pură într-un cîmp de aplicații practice. Lumea se apropia cu repeziciune de era nucleară.

De-a lungul anilor '30, institutul lui Bohr a rămas un punct de atracție pentru fizica teoretică, jucînd un rol esențial în înțelegerea felului în care poate fi divizat atomul, așa cum vom vedea în capitolul 6. În 1939, cînd a izbucnit cel de-al doilea război mondial, Danemarca a fost cîmpul și ocupată de germani, iar în 1943, viața lui fiind în pericol din cauza originii sale evreiești, Bohr a fugit în Anglia, după care a lucrat timp de doi ani la Proiectul Manhattan din Los Alamos, New Mexico, ca membru al unui colectiv de cercetători britanici.

Activitatea desfășurată de fizicieni începînd cu momentul reprezentat de anul 1913, cînd Bohr a descris cu acuratețe atomul, ar putea umple sute de volume de biografii și teancuri de texte cu materiale care depășesc cu mult intențiile autorilor acestei cărți. Ei au „creat” noi elemente chimice și au reușit chiar să descompună cei trei constituenți subatomici în particule și mai mici. Cît despre noile elemente, am ajuns la numărul 112 (care pînă în 1997 nu a avut nume), al cărui atom este format din 112 protoni și 165 de neutroni, fiind deci al douăzecilea element după uraniu, cel mai greu element *existent în stare naturală*. Elementul 112 a fost obținut în laborator prin bombardarea cu ioni de zinc a nucleului de plumb. Totuși, la fel ca majoritatea elementelor grele create în mod artificial, acesta este extrem de instabil, dezintegrîndu-se după cîteva milisecunde. Cu excepția celor

cîteva elemente grele care se întîlnesc în natură în cantități extrem de mici, elementele cu număr atomic mai mare decît cel al uraniului (92) sînt fie produse de sinteză realizate în acceleratoarele de particule din laboratoarele nucleare, fie reziduuri ale exploziilor nucleare. Ele sînt extrem de radioactive, fiind sintetizate în cantități infime, de-abia cîteva atomi.

Preocupați să descompună electronul, protonul și neutronul, cercetătorii au descoperit o adevărată proliferare a particulelor *subatomice*. În realitate există *sute de asemenea particule*, dar ele se împart în numai două tipuri fundamentale de componenți ale materiei: *șase quarkuri și șase leptoni*. De exemplu, categoria leptonilor conține electronul, miuonul, particula tau și neutrinii asociați acestora. Protonul este alcătuit din trei tipuri de quarkuri, considerate în general ca fiind indivizibile. Majoritatea acestor particule se dezintegrează, la rîndul lor, în alte particule după numai cîteva fracțiuni de secundă. Această structurare fundamentală a materiei în șase quarkuri și șase leptoni este numită Modelul Standard. Totuși, în 1996 fizicienii de la Tevatron, cel mai puternic accelerator de particule din lume, aflat la National Accelerator Laboratory din Batavia, Illinois, au adus probe semnificative ale divizibilității quarkurilor – ceea ce înseamnă că acestea ar putea avea un anumit tip de structură internă.

Să fi avut dreptate Anaxagoras? Materia este divizibilă la infinit? Chiar dacă la această întrebare nu se poate încă răspunde cu certitudine, *se știe* cu siguranță că particulele subatomice descoperite de acum înainte au atribute specifice: sarcină electrică, masă, anumite cuante de energie, un moment cinetic, spin (direcție de rotație) și viteză de rotație.

Ernest Rutherford a prezis că „forțele care mențin stabilitatea nucleului nu vor fi descoperite de această generație, nici de următoarea... sau poate timp de multe sute de ani, deoarece felul în care este constituit atomul reprezintă, bineînțeles, marea problemă care stă la baza fizicii și a chimiei... „Chiar dacă nu ne vom aventura mai departe în povestea creării de noi atomi sau a cercetărilor asupra quarkurilor, leptonilor sau a momentului cinetic, vom explora felul în care fizicienii au reușit să înțeleagă forțele care mențin nucleul stabil.“ În cursul cercetărilor asupra atomului ei au descoperit un lucru atît de incredibil și atît de important pentru noi toți, încît trebuie menționat în orice discuție despre structura atomului: forța impresionantă ascunsă și conținută de nucleul atomic. Bomba și energia nucleară, cu moștenirea lor hibridă de teamă și uimire deopotrivă. Distrugere și speranță.

În consecință, următorul capitol analizează modul în care au reușit oamenii de știință să identifice și să stăpînească uriașa forță și energie din această „perlă“ suprarrealistă, incoloră, iluzorie, imposibilă, invizibilă și lipsită de structură care stă suspendată în punctul central al Superdomului.

cîteva elemente grele care se întîlnesc în natură în cantități extrem de mici, elementele cu număr atomic mai mare decît cel al uraniului (92) sînt fie produse de sinteză realizate în acceleratoarele de particule din laboratoarele nucleare, fie reziduuri ale exploziilor nucleare. Ele sînt extrem de radioactive, fiind sintetizate în cantități infime, de-abia cîteva atomi.

Preocupați să descompună electronul, protonul și neutronul, cercetătorii au descoperit o adevărată proliferare a particulelor *subatomice*. În realitate există *sute de asemenea particule*, dar ele se împart în numai două tipuri fundamentale de componenți ale materiei: *șase quarkuri și șase leptoni*. De exemplu, categoria leptonilor conține electronul, miuonul, particula tau și neutrinii asociați acestora. Protonul este alcătuit din trei tipuri de quarkuri, considerate în general ca fiind indivizibile. Majoritatea acestor particule se dezintegrează, la rîndul lor, în alte particule după numai cîteva fracțiuni de secundă. Această structurare fundamentală a materiei în șase quarkuri și șase leptoni este numită Modelul Standard. Totuși, în 1996 fizicienii de la Tevatron, cel mai puternic accelerator de particule din lume, aflat la National Accelerator Laboratory din Batavia, Illinois, au adus probe semnificative ale divizibilității quarkurilor – ceea ce înseamnă că acestea ar putea avea un anumit tip de structură internă.

Să fi avut dreptate Anaxagoras? Materia este divizibilă la infinit? Chiar dacă la această întrebare nu se poate încă răspunde cu certitudine, *se știe* cu siguranță că particulele subatomice descoperite de acum înainte au atribute specifice: sarcină electrică, masă, anumite cuante de energie, un moment cinetic, spin (direcție de rotație) și viteză de rotație.

Ernest Rutherford a prezis că „forțele care mențin stabilitatea nucleului nu vor fi descoperite de această generație, nici de următoarea... sau poate timp de multe sute de ani, deoarece felul în care este constituit atomul reprezintă, bineînțeles, marea problemă care stă la baza fizicii și a chimiei... „Chiar dacă nu ne vom aventura mai departe în povestea creării de noi atomi sau a cercetărilor asupra quarkurilor, leptonilor sau a momentului cinetic, vom explora felul în care fizicienii au reușit să înțeleagă forțele care mențin nucleul stabil.“ În cursul cercetărilor asupra atomului ei au descoperit un lucru atît de incredibil și atît de important pentru noi toți, încît trebuie menționat în orice discuție despre structura atomului: forța impresionantă ascunsă și conținută de nucleul atomic. Bomba și energia nucleară, cu moștenirea lor hibridă de teamă și uimire deopotrivă. Distrugere și speranță.

În consecință, următorul capitol analizează modul în care au reușit oamenii de știință să identifice și să stăpînească uriașa forță și energie din această „perlă“ suprarealistă, incoloră, iluzorie, imposibilă, invizibilă și lipsită de structură care stă suspendată în punctul central al Superdomului.

Capitolul 6

Iminența dezastrului

„Cred cu tărie că nu va trece multă vreme pînă cînd știința va stăpîni omul. El nu va mai putea controla mașinile pe care le va fi inventat pînă atunci. Cîndva, știința va decide soarta umanității, iar rasa omenească se va sinucide aruncînd lumea în aer.”

HENRY ADAMS (1862)

„Atomul reprezintă un monument al înțelepciunii Speciei Umane. Într-o zi ar putea să devină placa funerară a prostiei sale.”

J.G. FEINBERG

Istoria teoriei atomice și a energiei atomice (1960)

„Acum lumea este foarte diferită. Fiindcă omul are în mîinile sale de muritor puterea de a abolii toate formele de sărăcie și toate formele de vlață.”

JOHN F. KENNEDY

Discurs inaugural (1961)

Lumea liberă a jubilat în 1989 cînd a căzut Zidul Berlinului, iar pe 12 septembrie 1990 am răsufletat cu toții ușurați atunci cînd războiul rece a luat oficial sfîrșit o dată cu semnarea „Tratatului și declarației finale cu privire la Germania”. Semnat de Statele Unite, Franța, Anglia și Uniunea Sovietică, acest acord a permis reunificarea Germaniei. A mai urmat un moment de relaxare, în iulie 1991, atunci cînd a fost semnat și implementat tratatul START (*Strategic Arms Reduction Talks* – Discuțiile privind reducerea armelor strategice), semnalînd începutul distrugerii a zeci de mii de arme nucleare. Aceste evenimente au diminuat considerabil pericolul unui posibil holocaust nuclear. Totuși, atîta vreme cît efectele și durata schimbărilor politice sînt incerte, înțelegerile de pe hîrtie nu pot elimina niciodată pe deplin nesiguranța și neliniștea în ceea ce privește armele nucleare și potențialul lor de distrugere a civilizației. Armistițiile dintre națiunile cu sisteme politice opuse sau care se află într-un fel sau altul în competiție nu reprezintă legi inviolabile. Ele sînt, în cel mai bun caz, o temporară și extrem de fragilă stare de lucruri.

Prin urmare, amenințarea iernii nucleare mai planează încă asupra noastră ca un nor întunecat. Din momentul în care secretul norului sub formă de

Capitolul 6

Iminența dezastrului

„Cred cu tărie că nu va trece multă vreme pînă cînd știința va stăpîni omul. El nu va mai putea controla mașinile pe care le va fi inventat pînă atunci. Cîndva, știința va decide soarta umanității, iar rasa omenească se va sinucide aruncînd lumea în aer.”

HENRY ADAMS (1862)

„Atomul reprezintă un monument al înțelepciunii Speciei Umane. Într-o zi ar putea să devină placa funerară a prostiei sale..”

J.G. FEINBERG

Istoria teoriei atomice și a energiei atomice (1960)

„Acum lumea este foarte diferită. Fiindcă omul are în mîinile sale de muritor puterea de a aboli toate formele de sărăcie și toate formele de viață.”

JOHN F. KENNEDY

Discurs inaugural (1961)

Lumea liberă a jubilat în 1989 cînd a căzut Zidul Berlinului, iar pe 12 septembrie 1990 am răsufletat cu toții ușurați atunci cînd războiul rece a luat oficial sfîrșit o dată cu semnarea „Tratatului și declarației finale cu privire la Germania“. Semnat de Statele Unite, Franța, Anglia și Uniunea Sovietică, acest acord a permis reunificarea Germaniei. A mai urmat un moment de relaxare, în iulie 1991, atunci cînd a fost semnat și implementat tratatul START (*Strategic Arms Reduction Talks* – Discuțiile privind reducerea armelor strategice), semnalînd începutul distrugerii a zeci de mii de arme nucleare. Aceste evenimente au diminuat considerabil pericolul unui posibil holocaust nuclear. Totuși, atîta vreme cît efectele și durata schimbărilor politice sînt incerte, înțelegerile de pe hîrtie nu pot elimina niciodată pe deplin nesiguranța și neliniștea în ceea ce privește armele nucleare și potențialul lor de distrugere a civilizației. Armistițiile dintre națiunile cu sisteme politice opuse sau care se află într-un fel sau altul în competiție nu reprezintă legi inviolabile. Ele sînt, în cel mai bun caz, o temporară și extrem de fragilă stare de lucruri.

Prin urmare, amenințarea iernii nucleare mai planează încă asupra noastră ca un nor întunecat. Din momentul în care secretul norului sub formă de

ciupercă a ieșit din nucleul atomului. destinul bombei atomice s-a împletit pentru totdeauna cu soarta rasei umane. Umbra acestui nor ne va însoți atîta vreme cît în lume mai persistă incertitudini politice. Istoria a dovedit că, în condițiile existenței națiunilor, civilizațiile se nasc și dispar, iar pe parcursul următoarelor secole și milenii se vor naște și vor muri alte imperii sau superputeri. Cine va amenința cu folosirea bombei nucleare peste o sută de ani? Așa cum scria Theodore Zeldin în *O istorie profundă a umanității*:

Dacă s-ar face un film care să comprime în numai cîteva ore tot ceea ce... s-a întîmplat... lumea noastră ar arăta precum Luna, cenușie și pustie, remarcabilă numai prin mărimea unor cratere de pe suprafața sa. Craterele reprezintă civilizațiile mai importante – pînă acum în număr de treizeci și patru – fiecare dintre ele explodînd pentru a se stinge, luminînd pentru o scurtă perioadă de timp unele părți ale globului, dar niciodată în totalitate; unele au durat cîteva secole, altele cîteva mii de ani... Toate civilizațiile de pînă acum au decăzut și au murit, indiferent cît de strălucitoare ar fi fost în culmea gloriei lor, indiferent cît de greu de crezut ar fi părut dispariția lor...

Am reușit să descoperim și să eliberăm secretul simbolizat de ciuperca atomică atunci cînd încercarea noastră de a înțelege pe deplin structura și funcționarea atomului s-a intersectat cu mereu schimbătoarea istorie politică și militară a lumii.

Oamenii de știință leagă energia Soarelui de energia nucleară

Masa lipsă și cheia vieții

Oamenii de știință din secolul al XIX-lea acceptaseră „ipoteza contractivă” a fizicianului scoțian William Thomson (1824–1907) (cunoscut drept Lordul Kelvin), care susținea că energia Soarelui este rezultatul unei lente, dar constante diminuări a masei acestui corp gigantic. Dar, conform acestei teorii, Soarele nu ar fi putut să emită radiațiile sale mai mult de 20 de milioane de ani. Prin urmare, teoria lui Kelvin a fost abandonată atunci cînd biologii, geologii și paleontologii au descoperit că evoluția vieții pe Pămînt a început cu mult înainte de acești 20 de milioane de ani.

Descoperirea de către Henri Becquerel (1896) a energiei care emană spontan din materialele radioactive a oferit prima cheie a înțelegerii imensei energii a Soarelui, însă abia peste zece ani, atunci cînd Einstein avea să-și facă cunoscută celebra formulă ($E=mc^2$), oamenii vor înțelege adevărata legătură dintre materie și energie, precum și sursa luminii și a căldurii Soarelui. *Energia este egală cu masa înmulțită cu viteza luminii la pătrat.* Cu această ecuație, Einstein stabilea faptul că atît materia („masa”), cît și energia sînt *destructibile*. În realitate, masa se poate *transforma* în energie,

și invers. Acest lucru era evident contrar Legii conservării energiei. Considerată pînă atunci inviolabilă, această lege formulată în anul 1847 de fizicianul german Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz stabilea că nici masa, nici energia nu pot fi distruse sau create. Teoria lui Einstein a deschis posibilitatea ca materia Soarelui să poată fi într-un anumit fel distrusă pentru a fi convertită în energie, sub formă de căldură și lumină.

Masa este *cantitatea de materie* a unui anumit obiect, așa cum am menționat în discuția despre legile fizicii elaborate de Newton. Altfel spus, masa reflectă numărul real de protoni și de neutroni din atomii acestui obiect, după cum am văzut în capitolul 5. Spre deosebire de *greutatea* unui obiect, masa nu devine subiectul vreunei schimbări și nu depinde de atracția gravitațională exercitată de Pămînt sau de vreun alt corp ceresc. Din acest motiv, fizica utilizează pe larg această măsură universală. La o scară fizică mai mare, masa este determinată de mărimea forței necesare pentru a produce o accelerație dată, după cum sugerează a doua lege a mișcării elaborată de Newton (accelerația este direct proporțională cu forța).

Conform ecuației lui Einstein, volumul de energie stocat în masa oricărei forme de materie este incredibil de mare. S-a stabilit că energia (E) este egală cu unitatea de masă (m) multiplicată cu *viteza luminii* (c) *ridicată la pătrat* (adică 300 000 km pe secundă). Spre deosebire de energia atomică, dacă s-ar arde două grame de hidrogen s-ar produce suficientă energie pentru a menține aprins un bec de 100 de wați timp de 40 de minute. Dar dacă ați transforma masa (adică toți atomii) aceleiași cantități de hidrogen în energie, atunci ar rezulta suficientă energie pentru a ține aprins un bec timp de *56 000 de ani*. Similar, un kilogram de uraniu radioactiv conține tot atîta energie ca și trei mii de tone de cărbune. Arderea este o reacție chimică simplă prin care se eliberează energia stocată în structura moleculară. Cu alte cuvinte, arderea este o rearanjare a legăturilor *chimice* dintre electroni, nu o eliberare a energiei stocate în nucleeele atomice.

Oamenii de știință au început să înțeleagă că Soarele își creează energia prin *fuziunea* atomilor de hidrogen – patru atomi de hidrogen fuzionează pentru a forma un atom de heliu. Cînd are loc acest fenomen – prezent continuu în orice altă stea din univers –, masa este convertită în energie. Simplificînd, atunci cînd cei patru atomi de hidrogen se combină pentru a forma un atom de heliu, masa atomului de heliu rezultat reprezintă mai puțin decît masa a patru atomi de hidrogen. „Masa lipsă” este convertită în energie, pe care o vedem și o simțim sub formă de lumină și căldură (și de care depinde existența noastră). Această combinație sau fuziune a atomilor de hidrogen în atomi de heliu produce uriașa temperatură din miezul Soarelui – între 10 și 20 de milioane de grade Celsius. Acest

fenomen — transformarea masei în energie — are o importanță capitală. Este singurul factor care susține viața pe această planetă.

Ca o ironie a sorții, Newton prefigurase ecuația lui Einstein în faimoasa lui carte *Opticks*, unde scria: „Oare Materia grosieră și Lumina nu se transformă una în alta și oare Materia nu primește mare parte din Activitatea ei de la particulele de Lumină care intră în componența lor?”. Cu toate acestea, ideea că această energie poate fi cumva captată și folosită, cum sugera teoria lui Einstein din 1905, va rămîne timp de 27 de ani o curioasă și incitantă speculație, deoarece nu exista nici o metodă prin care să poată fi testată. Adică nu exista nici o metodă de obținere a acestor temperaturi uriașe. De fapt, la scurt timp după descoperirea formulei $E=mc^2$, Einstein notase: „Nu există nici cel mai mic indiciu că această energie va putea fi obținută vreodată”.

Oamenii de știință demonstrează că energia nucleară poate fi obținută

Înțelegerea fluidului nuclear

În 1928, fizicianul atomist de origine rusă George Gamow (1904–1968) a elaborat prima teorie cuantică a radioactivității, ceea ce i-a asigurat o bursă la Institutul de Fizică Teoretică din Copenhaga, condus de Niels Bohr. În această perioadă (1928–1930), el a formulat modelul „picătură” al nucleului de atom, conform căruia nucleele reprezintă mici picături ale unui „fluid nuclear” universal. El își baza teoria pe presupunerea că forțele care acționează între părțile componente ale unui nucleu atomic sînt similare cu cele care acționează între moleculele unui lichid obișnuit. Gamow a observat că sfera este figura geometrică cu cea mai mică suprafață la un volum dat. Dacă nu există o forță exterioară care să acționeze asupra unei picături de lichid (cum ar fi gravitația care atrage picăturile pe o suprafață plană), tensiunea superficială naturală sau energia superficială va acționa astfel încît să orienteze și să mențină părțile constitutive sub forma unei sfere. De asemenea, el a intuit că va fi nevoie de o energie suplimentară pentru a învinge forța care menține nucleul unui atom, forță numită „forță nucleară tare”. În continuare, el a arătat că există o energie care se opune acestui efect de „tensiune superficială”, și anume forța de respingere dintre protonii încărcăți pozitiv din interiorul nucleului. Nucleul este un corp coerent de particule strîns legate, în pofida tendințelor naturale ale protonilor de a se separa precum polii de același semn ai magneților. Acest lucru atestă existența unui echilibru natural în orice nucleu atomic. Cu alte cuvinte, cîtă vreme nucleul nu se divizează spontan în fragmente mai mici și nici nu fuzionează cu alte nuclee, Gamow a tras concluzia că forța nucleară tare care menține „picătura nucleară” depășește forța naturală de respingere a protonilor din interiorul nucleului.

Forța nucleară tare
menține nucleul unit



Dar există o forță naturală de respingere
între protonii încărcăți pozitiv

Figura 6-1. „Picătura” nucleară și forțele care acționează asupra ei.

Respingerea electrică dintre protoni și forța nucleară tare care menține nucleul intact au, fiecare, o valoare matematică specifică. Aplicând aceste valori în cazul nucleului, Gamow a demonstrat *teoretic* că divizarea „picăturii nucleare” în două jumătăți va avea drept rezultat o *creștere* a energiei superficiale totale, în timp ce forța electrică de respingere dintre protoni semnifică o *reducere*. Astfel, specialiștii în fizică nucleară au început să înțeleagă ce se întâmplă cu această reducere sau eliberare a energiei din nucleu atunci când au loc fuziunile atomilor de hidrogen din Soare, gândindu-se serios la faptul că o asemenea energie ar putea fi captată prin intermediul fuziunii sau fisiunii (adică prin fracționarea nucleelor atomice) și, mai departe, și-ar găsi diverse aplicații practice.

Așa cum am arătat în capitolele 4 și 5, există 92 de elemente naturale, în ordinea crescătoare a numărului atomic și a masei atomice. Nucleele hidrogenului, ale heliului și ale altor elemente ușoare s-au format relativ curînd după Big Bang (vezi partea a IV-a), când universul era extrem de cald și dens, în timp ce alte nuclee și atomi au rezultat din reacțiile de fuziune din interiorul stelelor și din exploziile acestora la sfîrșitul ciclului lor normal de viață. În universul „rece” din prezent, toate aceste elemente se află într-o stare foarte stabilă. În capitolul 5 vedem cum electronii trec liber pe orbitele exterioare ale atomilor adiacenți atunci când aceștia formează molecule. Spre deosebire de acest fenomen, forța nucleară tare care menține nucleul este mult mai puternică și mai complicată. Forța nucleară tare reprezintă una dintre cele patru forțe fundamentale din natură, alături de forța gravitațională, forța electromagnetică și forța nucleară slabă, care unește electronii de pe orbite cu nucleul, fiind răspunzătoare de menținerea atomilor care se combină pentru a forma molecule. Gravitația și electromagnetismul acționează la mari distanțe de-a lungul universului, în timp ce forța nucleară nu poate fi determinată decît într-un laborator de știință și operează numai la scara redusă a nucleelor atomice, legînd laolaltă protonii și neutronii.

În pofida efectului extrem de localizat al forței nucleare, este necesară o mare cantitate de energie pentru a destabiliza nucleul și pentru a produce fuziunea sau fisiunea – mult mai multă energie de „activare” decît cea necesară pentru a aprinde o substanță combustibilă sau pentru a încălzi o substanță explozivă în scopul detonării acesteia. Pentru ca fuziunea să poată avea loc, nucleele trebuie propulsate unele spre altele astfel încît să învingă forțele de respingere inerente. Pentru a obține fisiunea nucleară

este nevoie de o ciocnire violentă care să spargă nucleul, excepție făcând nucleele atomice ale substanțelor natural radioactive, la care fisiunea are loc spontan. Asemenea atomi radioactivi contribuie substanțial la încălzirea internă a Pământului și se descompun la intervale atât de regulate încât sînt folosite drept ceasuri naturale și au o aplicație inestimabilă în domeniul geologiei, în determinarea vîrstei rocilor și a altor substanțe de pe Pământ.

Pe baza modelului picătură al lui Gamow, la începutul anilor '30 oamenii de știință și-au dat seama că procesul de *fuziune* nucleară care are loc în Soare, fiind provocat de uriașa temperatură a acestuia, nu putea fi reprodus, dar exista posibilitatea să se elibereze enorma cantitate de energie prezisă de formula lui Einstein prin intermediul *fisiunii*. Stăpînirea apreciabilei cantități de energie obținute prin intermediul fisiunii este un lucru mult mai complicat decît simpla separare a unor fragmente de nucleu. Henri Becquerel și Ernest Rutherford smulseseră protoni din nucleele atomilor încă de la începutul secolului, prin bombardarea atomilor cu particule alfa de la o sursă radioactivă, fără ca laboratoarele lor să explodeze. La fel, în 1919 Rutherford a reușit să separe atomii de azot în atomi de hidrogen și oxigen prin bombardarea lor cu particule alfa. În anii '30, fizicienii își propuneau să ciocnească nucleul atomic cu destul de multă forță pentru ca fisiunea să aibă loc la o scară suficient de mare încît energia rezultată din „picătura nucleară” să poată fi eliberată și, de ce nu, captată.

Nucleul este divizat, iar lumea intră în Era Atomică

Fuga din Italia

Vădind o mai profundă înțelegere a forțelor care mențin nucleul, oamenii de știință și-au dat seama că vor avea nevoie de un dispozitiv care să proiecteze artificial protoni asupra nucleului, cu mare viteză. Știau că acestor protoni le va fi foarte greu să depășească bariera naturală de respingere electrică a protonilor din nucleu. Prima ciocnire violentă încununată de succes a avut loc în 1932, atunci cînd fizicianul britanic Sir John D. Cockcroft (1897–1967) și fizicianul irlandez Ernest Walton (1903–1995), care lucrau pentru Ernest Rutherford la Laboratorul Cavendish din Cambridge, au creat primul „distrugător de atomi”, cunoscut ulterior drept generatorul Cockcroft-Walton. Ei au realizat prima divizare artificială completă a unui nucleu atomic (un nucleu de litiu) prin bombardarea acestuia cu protoni, provocînd fisiunea litiului în doi atomi de heliu. Energia obținută era mică, dar reprezenta prima demonstrație a profetiei lui Einstein cum că energia va rezulta din transformarea sau dispariția masei ($E=mc^2$), putînd fi captată și utilizată.

Pentru această realizare, Cockcroft și Walton au primit mai tîrziu Premiul Nobel pentru Fizică. Totuși, generatorul Cockcroft-Walton și

echipamentele asemănătoare care i-au urmat aveau multe limite din cauza manierei imprevizibile în care s-a realizat fisiunea. Dacă nu avea loc o eliberare regulată a energiei din nucleele scindate, se consuma mai multă energie pentru accelerarea proiectilelor folosite pentru fragmentarea nucleelor în raport cu energia obținută din fisiunea propriu-zisă.

Așa cum am menționat în capitolul 5, 1932 a fost anul în care James Chadwick a descoperit existența neutronului în nucleul atomului – o particulă cu masă similară celei a protonului, dar fără sarcină electrică. Oamenii de știință au înțeles rapid că „proiectilul atomic” ideal pentru penetrarea nucleului va fi neutronul, nu protonul, deoarece neutronul nu va fi respins de nucleul încărcat pozitiv. Ca urmare, în 1935 s-a făcut un nou pas decisiv în direcția obținerii energiei atomice atunci când fizicianul italian Enrico Fermi (1901–1954) a elaborat ideea conform căreia: (a) neutronii pot fi obținuți din substanțe radioactive; (b) compușii bogați în hidrogen (cum ar fi apa) încetinesc neutronii obținuți de la acești compuși radioactivi; (c) atunci când acești neutroni sînt încetiniți, probabilitatea ca ei să fie *captați* de un nucleu atomic *țintă* crește. Fermi a considerat că atunci când marea masă a neutronului ciocnește și se unește cu nucleul țintă, forța naturală de respingere dintre protoni devine mai mare decît forța nucleară tare care menține picătura nucleară, provocînd astfel divizarea nucleului. Neutronul-proiectil trebuie să fie suficient de puternic pentru a putea sparge și nuclee cu mai mulți protoni și cu o energie potențială mai mare (cum ar fi nucleul de uraniu) în două particule de mărimi aproximativ egale, eliberînd acea energie. În 1938, Fermi a primit Premiul Nobel pentru Fizică pentru lucrarea despre bombardarea cu neutroni încetiniți. Cînd guvernul fascist al lui Mussolini i-a permis lui Fermi să plece în Suedia pentru a primi premiul, Fermi și familia sa s-au hotărît să părăsească pentru totdeauna Italia. S-au stabilit curînd în Statele Unite, unde Fermi a devenit profesor la Columbia University.

Comunitatea fizicienilor atomiști este obligată să-și schimbe obiectivele

Al dumneavoastră... Albert Einstein

La începutul anului 1939, fisiunea unui nucleu mare în două jumătăți, ca și eliberarea și stăpînirea enormei sale energii rămăseseră o simplă teorie. Fizicienii prevedeau, în cazul în care acest scop ar fi fost atins, să folosească pașnic energia atomică, în scopul progresului industrial, pentru binele umanității. Dar oamenii de știință și-au dat seama că trebuie să realizeze o serie continuă și prelungită de bombardamente cu neutroni în care neutronii unor asemenea nuclee mari să devină la rîndul lor proiectile care să poată sparge alte nuclee mari. Fără o asemenea „reacție în lanț”, energia consumată pentru accelerarea particulelor va fi mai mare decît cea obținută prin fisiune, lucru pe care Cockcroft și Walton îl experimentaseră

deja. În anul 1939 a izbucnit în Europa cel de-al doilea război mondial, ceea ce explică suficient faptul că realizarea unei bombe atomice a înlocuit brusc viziunea pacifistă asupra utilizării energiei atomice.

Fiziciană austriacă Lise Meitner (1878–1968) a descifrat modul în care pot fi obținute fisiunea și reacția în lanț a unui element greu, devenind astfel o figură-cheie în construirea bombei atomice. După desfășurarea unor experimente similare bombardamentelor cu neutroni ale lui Fermi, Meitner și alți doi colegi de-ai ei și-au dat seama că reușiseră să dividă atomul de uraniu în mai multe părți și creaseră o reacție în lanț la scară redusă. În ianuarie 1939 ea a părăsit în secret Germania, plecând la Stockholm, unde, împreună cu nepotul ei Otto R. Frisch (1904–1979), profesor la Institutul de Fizică Teoretică de la Copenhaga, au lucrat sub conducerea lui Niels Bohr, după care au trimis o scrisoare intitulată „Dezintegrarea uraniului cu ajutorul neutronilor; noi tipuri de reacții nucleare” pe adresa redactorului-șef al celei mai prestigioase reviste de știință din Marea Britanie, *Nature*, scrisoare în care era explicat experimentul lui Meitner. Articolul lor a apărut în numărul din 11 februarie 1939 al revistei, fiind prima lucrare în care se folosea termenul „fisiune” pentru descrierea diviziunii uraniului în mai multe elemente ușoare:

Cu ocazia divizării unui nucleu de uraniu (care conține cu 54 mai mulți neutroni decât protoni), s-au format două nuclee noi (precum bariul, ai cărui atomi conțin cu 26 de neutroni peste numărul de protoni), rezultând de aici o descărcare de neutroni suplimentari, ceea ce determină o reacție în lanț în timpul căreia aceste nuclee se ciocnesc de nucleele altor atomi de uraniu, continuând fisiunea nucleelor unor asemenea atomi.

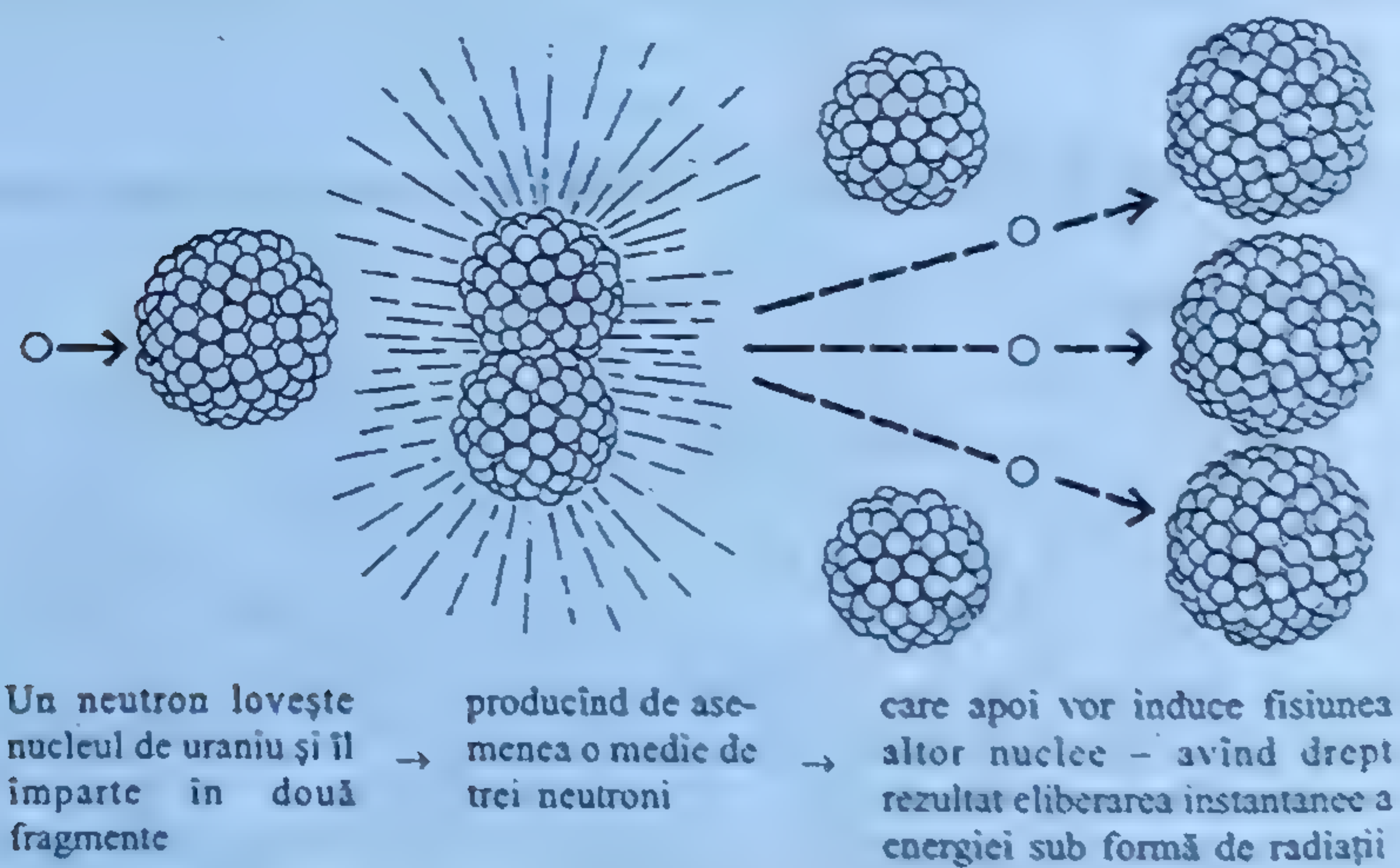


Figura 6-2. Fisiunea și reacția în lanț

Înțelegînd importanța contribuției lui Meitner, Fermi și Bohr au început în anul 1939, în Statele Unite, o serie de studii și experimente care mai târziu vor indica fezabilitatea unei reacții nucleare în lanț. Mai târziu, în cursul aceluiași an, Fermi și alți doi fizicieni de la Columbia University, ungurul Leo Szilard (1898–1964) și Eugene Wigner (1902–1995) au supus atenției lui Albert Einstein lucrările despre fisiune. Temîndu-se de eventualitatea de a fi atras direct într-un război, guvernul Statelor Unite continua să-i sprijine pe Aliați împotriva lui Hitler. Convins că naziștii vor dispune de energia atomică în viitorul apropiat și că o vor folosi pentru a supune tot restul lumii, Einstein a acceptat să semneze o scrisoare către președintele Roosevelt, redactată de Fermi, Szilard și Wigner. Cu toate că activitatea de cercetare de pînă atunci depusă de Einstein nu avea nimic de-a face cu descoperirea sau potențiala utilizare a fisiunii nucleare, i s-a cerut să semneze această scrisoare datorită statutului și credibilității sale ca fizician. Spre deosebire de Einstein, grupul oamenilor de știință refugiați în Statele Unite (printre care Fermi, Szilard, Wigner, Gamow, Edward Teller și alții) nu avea un canal direct de comunicare cu Casa Albă. Scrisoarea era datată 2 august 1939, fiind semnată pe 10 august și înmînată lui Alexander Sachs, un apropiat al președintelui, care i-a transmis-o lui Roosevelt abia în ziua de 11 octombrie 1939. O copie a acestei scrisori este reprodusă în figura 6-3. Reprezintă una dintre cele mai importante scrisori din istoria omenirii.

Ca urmare a acestei scrisori, Roosevelt a format un comitet însărcinat cu examinarea posibilităților de utilizare a energiei atomice în scopuri militare. După ce comitetul i-a raportat președintelui că această energie putea fi folosită pentru construirea unei bombe atomice, armata și marina Statelor Unite au alocat prima subvenție destinată cercetărilor atomice în februarie 1940, constînd în suma de 6000 de dolari. Deși era o sumă modestă chiar și pentru anul 1940, această subvenție a reprezentat prima implicare a armatei americane în cercetările din domeniul energiei atomice.

*Albert Einstein
Old Grove Rd.
Nassau Point
Peconic, Long Island*

2 august 1939

*F.D. Roosevelt,
Președinte al Statelor Unite,
Casa Albă
Washington, D.C.*

Domnule președinte,

Unele lucrări recente ale lui E. Fermi și L. Szilard, care mi-au fost transmise în manuscris, mă fac să cred că elementul uraniu poate fi transformat în viitorul apropiat într-o nouă și importantă sursă de energie.

Au apărut totuși unele aspecte ale acestei situații care par să reclame o mare atenție și, la nevoie, chiar o rapidă acțiune din partea Administrației. Prin urmare, cred că este de datoria mea să vă aduc la cunoștință următoarele fapte și recomandări.

În cursul ultimelor luni a crescut probabilitatea – datorită muncii depuse de Joliot în Franța și de către Fermi și Szilard în Statele Unite – realizării unei reacții nucleare în lanț pentru o cantitate mare de uraniu, prin care vor fi generate mari cantități de noi elemente de genul radiului. Acum este aproape sigur că acest lucru ar putea fi realizat în viitorul imediat.

Acest nou fenomen poate duce, de asemenea, la construirea unor bombe, și se poate imagina – mai mult sau mai puțin sigur – că acestea vor fi niște bombe extrem de puternice. O singură bombă de acest tip, transportată pe un vas și detonată într-un port, ar putea foarte bine să distrugă tot portul și o parte din teritoriul înconjurător. Totuși, s-ar putea ca aceste bombe să fie prea grele pentru a fi transportate pe calea aerului.

În Statele Unite există puține zăcămintele minerale care conțin uraniu în cantități moderate. Sînt cîteva minereuri bune în Canada și în fosta Cehoslovacie, dar cea mai importantă sursă de uraniu este Congo Belgian.

În această situație, poate că ar fi de dorit să stabiliți un contact permanent între Administrație și grupul de fizicieni care lucrează în America pentru a obține reacțiile în lanț. O posibilă cale de realizare a acestui lucru ar fi aceea de a încredința misiunea unei persoane de încredere care va activa probabil într-o funcție neoficială. Misiunea acesteia va consta din următoarele:

a) Informarea departamentelor guvernamentale în legătură cu evoluția acestor cercetări, precum și formularea în continuare a recomandărilor pentru acțiunile guvernului, cu accent pe problema asigurării unui depozit de minereu de uraniu pentru Statele Unite;

b) Extinderea experimentelor, care pînă în prezent s-au desfășurat în limitele bugetelor alocate laboratoarelor universitare, prin oferirea de fonduri, în măsura în care acestea vor fi cerute, prin intermediul contactelor cu persoane particulare dornice de a contribui la această cauză și probabil prin încheierea unor contracte de cooperare cu laboratoarele industriale care au echipamentul necesar acestor cercetări.

În acest moment, Germania a oprit vînzările de uraniu din minele din Cehoslovacia, țară aflată sub ocupația sa. Rapiditatea cu care a luat această decizie poate fi pusă pe seama faptului că fiul subsecretarului de stat al Germaniei, von Weizsäcker, se află în legătură cu Institutul Kaiser-Wilhelm din Berlin, unde sînt reproduse acum unele dintre experiențele cu uraniu realizate în America.

Al dumneavoastră sincer,


(Albert Einstein)

Figura 6-3. Scrisoarea lui Einstein către FDR

Au apărut totuși unele aspecte ale acestei situații care par să reclame o mare atenție și, la nevoie, chiar o rapidă acțiune din partea Administrației. Prin urmare, cred că este de datoria mea să vă aduc la cunoștință următoarele fapte și recomandări.

În cursul ultimelor luni a crescut probabilitatea – datorită muncii depuse de Joliot în Franța și de către Fermi și Szilard în Statele Unite – realizării unei reacții nucleare în lanț pentru o cantitate mare de uraniu, prin care vor fi generate mari cantități de noi elemente de genul radiului. Acum este aproape sigur că acest lucru ar putea fi realizat în viitorul imediat.

Acest nou fenomen poate duce, de asemenea, la construirea unor bombe, și se poate imagina – mai mult sau mai puțin sigur – că acestea vor fi niște bombe extrem de puternice. O singură bombă de acest tip, transportată pe un vas și detonată într-un port, ar putea foarte bine să distrugă tot portul și o parte din teritoriul înconjurător. Totuși, s-ar putea ca aceste bombe să fie prea grele pentru a fi transportate pe calea aerului.

În Statele Unite există puține zăcămintele minerale care conțin uraniu în cantități moderate. Sînt cîteva minereuri bune în Canada și în fosta Cehoslovacie, dar cea mai importantă sursă de uraniu este Congo Belgian.

În această situație, poate că ar fi de dorit să stabiliți un contact permanent între Administrație și grupul de fizicieni care lucrează în America pentru a obține reacțiile în lanț. O posibilă cale de realizare a acestui lucru ar fi aceea de a încredința misiunea unei persoane de încredere care va activa probabil într-o funcție neoficială. Misiunea acesteia va consta din următoarele:

a) Informarea departamentelor guvernamentale în legătură cu evoluția acestor cercetări, precum și formularea în continuare a recomandărilor pentru acțiunile guvernului, cu accent pe problema asigurării unui depozit de minereu de uraniu pentru Statele Unite;

b) Extinderea experimentelor, care pînă în prezent s-au desfășurat în limitele bugetelor alocate laboratoarelor universitare, prin oferirea de fonduri, în măsura în care acestea vor fi cerute, prin intermediul contactelor cu persoane particulare dornice de a contribui la această cauză și probabil prin încheierea unor contracte de cooperare cu laboratoarele industriale care au echipamentul necesar acestor cercetări.

În acest moment, Germania a oprit vânzările de uraniu din minele din Cehoslovacia, țară aflată sub ocupația sa. Rapiditatea cu care a luat această decizie poate fi pusă pe seama faptului că fiul subsecretarului de stat al Germaniei, von Weizsäcker, se află în legătură cu Institutul Kaiser-Wilhelm din Berlin, unde sînt reproduse acum unele dintre experiențele cu uraniu realizate în America.

Al dumneavoastră sincer,

A. Einstein
(Albert Einstein)

Figura 6-3. Scrisoarea lui Einstein către FDR

După semnarea scrisorii, Einstein nu s-a mai implicat în cercetările sau dezvoltarea domeniului energiei atomice ori a bombei atomice.

Este inițiat Proiectul Manhattan

„Băietelul“ și „Grăsunul“... 210 000 de morți

În august 1942, Roosevelt a însărcinat armata americană și pe generalul de brigadă Leslie R. Groves cu organizarea efortului activității de exploatare a energiei nucleare în scopuri militare – cu sprijinul Marii Britanii și al Canadei. Această acțiune a devenit cunoscut sub numele de Proiectul Manhattan, deoarece majoritatea cercetărilor au fost efectuate de Enrico Fermi și ceilalți fizicieni la Columbia University din Manhattan, proiectul fiind organizat inițial de biroul militar al districtului Manhattan. În octombrie 1942, J. Robert Oppenheimer (1904–1967) a fost numit director la nou-înființatul Laborator de Cercetări Atomice. Fiu al unui emigrant german, Oppenheimer a absolvit colegiul Harvard în 1925, după care a făcut cercetări în domeniul fizicii la Laboratorul Cavendish al Universității din Cambridge, sub conducerea lui Ernest Rutherford, în perioada de pionierat a studiilor despre structura atomică. El a obținut doctoratul în fizică în anul 1927, după care a început să predea fizica la Berkeley. În 1939, anul invadării Cehoslovaciei de către Germania și al semnării de către Einstein a scrisorii către președintele Roosevelt, Oppenheimer a început să lucreze cu micul cerc de fizicieni atomiști care erau la curent cu proiectul realizării unei bombe nucleare. Domeniul lui de activitate – separarea uraniului-235 de uraniul natural, în compoziția căruia predomină uraniu-238 – a devenit un punct esențial al cercetărilor. În mare secret, Oppenheimer a adunat cei mai buni fizicieni atomiști pregătiți să lucreze în diferite laboratoare din țară, precum și într-un centru special din deșertul New Mexico, numit Los Alamos, pentru a înțelege implicațiile unei reacții în lanț a elementelor grele precum uraniul în vederea realizării fisiunii nucleare. Din grupul lui Oppenheimer făcea parte Enrico Fermi, împreună cu:

- Hans Albrecht Bethe (1906–), fizician născut în Germania care a lucrat cu Fermi în Italia în 1931; în 1934 a emigrat în SUA, unde a condus Divizia de Fizică Teoretică din Los Alamos. În 1939, Bethe a calculat cantitatea specifică de energie creată și procesul nuclear specific implicat în fuziunea care are loc în interiorul Soarelui.
- Edward Teller (1908–), fizician atomist născut în Ungaria care a studiat la Institutul Niels Bohr din Copenhaga, colaborând cu Gamow la înțelegerea procesului de dezintegrare nucleară; a lucrat în echipa lui Fermi la Universitatea din Chicago, fiind unul dintre primii recrutați de Oppenheimer pentru a merge la Los Alamos.
- Willard F. Libby (1908–1980) – chimist american care a contribuit

la dezvoltarea metodei folosite pentru separarea uraniului-235 de uraniul-238.

- William G. Penney (1909–1991) – fizician atomist britanic aflat în fruntea echipei de savanți britanici care au lucrat la Proiectul Manhattan.
- Leo Szilard (1898–1964) – fizician american născut în Ungaria, cel care a reușit să-l convingă pe Einstein să semneze scrisoarea către FDR. A elaborat prima metodă de separare a U-235 de U-238, cercetînd, alături de Fermi, reacția în lanț la Universitatea din Chicago. A continuat să lucreze la Proiectul Manhattan pînă la sfîrșitul războiului.
- Harold C. Urey (1893–1981) – chimist american care a descoperit în 1931 deuteriul (hidrogenul greu), ceea ce a asigurat progresul cercetărilor asupra fisiunii. Mai tîrziu va conduce cercetările de la Columbia University care vor oferi informații fundamentale cu privire la separarea U-235 de U-238.

Asumîndu-și misiunea de a produce o reacție în lanț controlată, autosusținută, Fermi și colegii săi au realizat această lucrare într-o sală de squash de sub tribunele stadionului Stagg Fields al Universității din Chicago. Grupul lui a calculat că aproximativ 54 de tone de uraniu amestecate cu 400 de tone de grafit reprezentau volumul optim și combinația ideală de materiale pentru a produce o asemenea reacție în lanț. Pe 2 decembrie 1942, ei construiau atent stiva de cărămizi de uraniu și grafit înaltă de 3,5 metri, pregătind un nou test. În timp ce retrăgeau una cîte una baghetele de control din cadmiu, acul contorului care înregistra eliberarea de neutroni și bombardamentul a început să devieze puternic. Acest lucru reflecta succesul lor în obținerea unei reacții în lanț – adică divizarea a milioane de atomi de uraniu. Au reintrodus baghetele de control pentru a atenua activitatea nucleară. Unul dintre asistenții lui Fermi a plecat la telefon pentru a-l informa pe Oppenheimer. „Navigatorul italian tocmai a debarcat în Lumea Nouă”, a raportat el. Acest experiment faimos reprezenta încununarea a aproape cinci decenii de eforturi susținute pentru înțelegerea deplină a atomului. Fermi și grupul lui au fost primii oameni care au demonstrat că formula lui Einstein poate avea aplicații practice, indiferent dacă acestea constau în asigurarea energiei necesare pe timp de pace, pentru echipamente militare sau pentru „a se sinucide aruncînd lumea în aer”.

De îndată ce reacția în lanț a trecut de pe tărîmul teoriei în acela al posibilului, s-au construit uzine secrete pe o întindere de peste 180 de kilometri pătrați în Oak Ridge, Tennessee, și pe o suprafață izolată de 2500 de kilometri pătrați (numit Hanford Engineer Works), la nord de Pasco, Washington, pe malurile rîului Columbia, apele acestuia urmînd să asigure ținerea sub control a uriașelor temperaturi degajate de pilele atomice care urmau să fie construite acolo. La Oak Ridge – unde una dintre construcții

acoperea 17 hectare – atomul de uraniu-235 necesar fisiunii putea fi separat de însoțitorul său natural, masa predominantă de uraniu-238. În tot atât de masivul complex Hanford a avut loc producerea experimentală a plutoniului-239. U-235 și plutoniul-239 erau recunoscute ca având cel mai bun potențial de creare a unei reacții în lanț explozive necesare pentru o bombă nucleară. Populația localității Oak Ridge a ajuns în cele din urmă la 70 000, iar la Hanford s-a cifrat la 50 000.

Produsele rezultate din munca oamenilor de la Oak Ridge, Hanford și din alte locuri urmau să fie folosite într-o zonă secretă aflată la 55 de kilometri nord-vest de Santa Fe, New Mexico, pe întinsul deșert din sud-vest numit Los Alamos. Locul, extrem de izolat, fusese ales de Oppenheimer în noiembrie 1942, la o lună după ce i se încredințase misiunea de a conduce Proiectul Manhattan. La Los Alamos, el a coordonat eforturile marilor fizicieni pe care îi adunase laolaltă. Oamenii de știință de la Los Alamos aveau de îndeplinit o sarcină înfricoșătoare: *să proiecteze bomba care va fi încărcată cu materialul fisionabil fabricat la Oak Ridge și Hanford.*

O întrebare esențială cu care s-au confruntat încă din primele clipe era cantitatea de U-235 sau de plutoniu pe care urma să o conțină bomba. Cu alte cuvinte, care este „masa supercritică” de material fisionabil? Intervalul de timp dintre emiterea unui neutron de la atomul de uraniu care este divizat și următoarea divizare a celui de-al doilea atom de uraniu este de *o sută de milionimi de secundă*. Dacă se folosea prea puțin uraniu, neutronii puteau să iasă dintr-un asemenea material fără să declanșeze reacția în lanț necesară. Dar prea mult uraniu laolaltă putea exploda instantaneu, distrugând Los Alamos și pe toți cei 5000 de oameni aflați acolo. Dacă echipa de la Los Alamos putea să rezolve dilema, concomitent cu o altă enormă problemă în legătură cu proiectarea bombei, forța acesteia – cu fiecare *kilogram* de uraniu sau de plutoniu explodând cu puterea a 8000 de tone de dinamită – ar fi întrecut orice imaginație... și probabil ar fi pus capăt războiului.

După aproape doi ani de muncă, la Oak Ridge și Hanford se produsese destul material fisionabil pentru a permite grupului de la Los Alamos să assembleze prima bombă atomică – un dispozitiv lung de aproape doi metri, cu peste o jumătate de metru în diametru, cântărind patru tone și conținând ceea ce ei calculaseră a fi masa supercritică de plutoniu-239. Astfel, la aproape cinci ani și jumătate după ce Roosevelt a citit scrisoarea lui Einstein și după investirea a două miliarde de dolari și a unui milion de ore de muncă, numărătoarea inversă a testului acestei invenții a început în zorii zilei de 16 iulie 1945, în îndepărtata bază aeriană Alamogordo din New Mexico. Bomba a fost plasată în vârful unui turn de oțel înalt de 30 de metri, înconjurat de echipamente de monitorizare științifică. Robert Oppenheimer și grupul său se aflau în camera de control amplasată la 10 kilometri depărtare

acoperea 17 hectare – atomul de uraniu-235 necesar fisiunii putea fi separat de însoțitorul său natural, masa predominantă de uraniu-238. În tot atât de masivul complex Hanford a avut loc producerea experimentală a plutoniului-239. U-235 și plutoniul-239 erau recunoscute ca având cel mai bun potențial de creare a unei reacții în lanț explozive necesare pentru o bombă nucleară. Populația localității Oak Ridge a ajuns în cele din urmă la 70 000, iar la Hanford s-a cifrat la 50 000.

Produsele rezultate din munca oamenilor de la Oak Ridge, Hanford și din alte locuri urmau să fie folosite într-o zonă secretă aflată la 55 de kilometri nord-vest de Santa Fe, New Mexico, pe întinsul deșert din sud-vest numit Los Alamos. Locul, extrem de izolat, fusese ales de Oppenheimer în noiembrie 1942, la o lună după ce i se încredinșase misiunea de a conduce Proiectul Manhattan. La Los Alamos, el a coordonat eforturile marilor fizicieni pe care îi adunase laolaltă. Oamenii de știință de la Los Alamos aveau de îndeplinit o sarcină înfricoșătoare: *să proiecteze bomba care va fi încărcată cu materialul fisibil fabricat la Oak Ridge și Hanford.*

O întrebare esențială cu care s-au confruntat încă din primele clipe era cantitatea de U-235 sau de plutoniu pe care urma să o conțină bomba. Cu alte cuvinte, care este „masa supercritică” de material fisibil? Intervalul de timp dintre emiterea unui neutron de la atomul de uraniu care este divizat și următoarea divizare a celui de-al doilea atom de uraniu este de *o sută de milionimi de secundă*. Dacă se folosea prea puțin uraniu, neutronii puteau să iasă dintr-un asemenea material fără să declanșeze reacția în lanț necesară. Dar prea mult uraniu laolaltă putea exploda instantaneu, distrugând Los Alamos și pe toți cei 5000 de oameni aflați acolo. Dacă echipa de la Los Alamos putea să rezolve dilema, concomitent cu o altă enormă problemă în legătură cu proiectarea bombei, forța acesteia – cu fiecare *kilogram* de uraniu sau de plutoniu explodând cu puterea a 8000 de tone de dinamită – ar fi întrecut orice imaginație... și probabil ar fi pus capăt războiului.

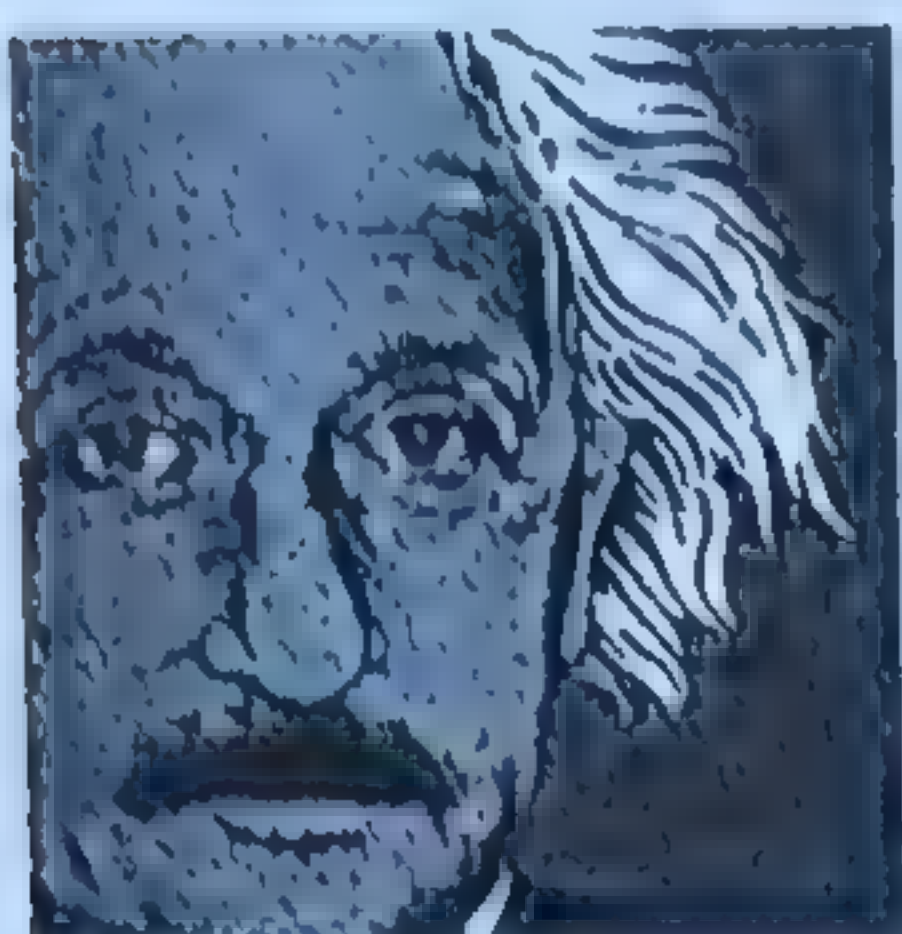
După aproape doi ani de muncă, la Oak Ridge și Hanford se produsese destul material fisibil pentru a permite grupului de la Los Alamos să assembleze prima bombă atomică – un dispozitiv lung de aproape doi metri, cu peste o jumătate de metru în diametru, cântărind patru tone și conținând ceea ce ei calculaseră a fi masa supercritică de plutoniu-239. Astfel, la aproape cinci ani și jumătate după ce Roosevelt a citit scrisoarea lui Einstein și după investirea a două miliarde de dolari și a unui milion de ore de muncă, numărătoarea inversă a testului acestei invenții a început în zorii zilei de 16 iulie 1945, în îndepărtata bază aeriană Alamogordo din New Mexico. Bomba a fost plasată în vârful unui turn de oțel înalt de 30 de metri, înconjurat de echipamente de monitorizare științifică. Robert Oppenheimer și grupul său se aflau în camera de control amplasată la 10 kilometri depărtare

de bombă, în timp ce alți oameni de știință și observatori se înghesuiau în buncăre, în refugii și în alte fortificații, la 16 kilometri de locul unde se găsea bomba. Mai erau 50 de minute, 30, 20, 10, și așa mai departe, pînă cînd vocea crainicului a strigat: „Acum!” Deodată a țîșnit spre cer o minge de foc, iar observatorii au fost potopiți de un val de lumină aurie, purpurie, gri și albastră, *de o sută de ori mai intensă decît cea a Soarelui aflat la amiază într-o zi senină*. Detonarea era echivalentă cu aceea a 20000 de tone de dinamită. La treizeci de secunde după acest vârtej furios, unii observatori care stăteau în spatele unui refugiu au fost trîntiți la pămînt de suflul exploziei, cu toate că se aflau la o distanță de 16 kilometri față de locul exploziei. Generalul Thomas Farrell, șeful biroului militar din Los Alamos, va scrie mai tîrziu în raportul său către Departamentul de Război că explozia a fost „fără precedent, extraordinară, frumoasă, uluitoare și terifiantă”. Turnul de oțel s-a evaporat în întregime, iar nisipul deșertului s-a transformat în sticlă pe o rază de 700 de metri.

Norul sub formă de ciupercă s-a ridicat pînă la 12000 de metri în aer, iar locuitorii din Alamogordo au urmărit în acea zi fatală forma care avea să influențeze cursul istoriei timp de decenii sau poate chiar secole. Ei au scris ultimul capitol al poveștii care a unit trecutul de viitor, pentru că aceasta a fost încununarea fascinantului efort de 2400 de ani al omenirii de a pătrunde în fragmentul ultim al materiei – particula lui Leucip, aflată la originea oricărei substanțe. Acest basm s-a încheiat cu o întorsătură cu totul și cu totul neașteptată și extrem de înfricoșătoare. Prin intermediul unei uimitoare aplicații a forței minții omenești, un șir de oameni de știință proeminenți, începînd cu Robert Boyle și alți chimiști din secolele al XVII-lea și al XVIII-lea, au reușit nu numai să deslușească potențialul din interiorul atomului, ci au făcut din formula lui Einstein o profecție împlinită, deoarece energia atomului a fost supusă, dezvăluindu-se secretul ei fantastic, aflat acum alături de noi, pe timp de pace și de război, pentru totdeauna.

Pe data de 6 august a anului 1945, la trei săptămîni după testul de la Los Alamos, un bombardier B-29, *Enola Gay*, purta o bombă care conținea U-235. A traversat Oceanul Pacific și a lansat bomba deasupra orașului japonez Hiroshima, dimineața, la ora 8 și 15 minute. Poreclită „Little Boy” (Băiețelul), bomba a explodat la 600 de metri deasupra solului, distrugînd două treimi din oraș și omorînd 140 000 din cei 350 000 de locuitori. O a doua bombă, poreclită „Fat Man” (Grăsunul), asemănătoare bombei cu plutoniu testată la Los Alamos, era programată pentru a fi lansată tot în Japonia, la Kokura, pe 11 august, dar operațiunea a fost amînată cu două zile din cauza vremii urîte din zonă. *Bock's Car*, avionul B-29 care purta această bombă, a petrecut zece minute deasupra orașului Kokura fără să poată localiza ținta din cauza norilor, după care s-a îndreptat către ținta secundară, orașul Nagasaki. La ora 11 și 2 minute, *Fat Man* a distrus jumătate din oraș, ucigînd 70 000 din cei 270 000 de locuitori.

PARTEA A III-A



Principiul relativității

Ce poate fi mai sigur și mai absolut decât trecerea timpului? La vârsta de șaisprezece ani, Albert Einstein și-a pus o întrebare care l-a determinat ca, după zece ani, să formuleze teoria specială a relativității care demonstrează că viteza de scurgere a timpului *nu* este nici sigură, nici absolută. Conceptul de timp universal trebuie înlocuit cu o multitudine de timpuri „personale”. Timpul și spațiul au încetat să mai fie entități separate. Ele trebuie înlocuite cu a patra dimensiune: *spațiu-timp*.

Teoria lui Einstein nu s-a substituit fizicii newtoniene. Relativitatea specială se aplică numai corpurilor care se mișcă cu viteze extreme față de alte obiecte. Pur și simplu, Newton nu a luat în considerare asemenea condiții și nici nu a dispus de informațiile referitoare la undele electromagnetice și viteza luminii. La zece ani după ce a formulat teoria specială a relativității, Einstein a elaborat teoria generală a relativității – o nouă viziune asupra sursei și efectelor gravitației în întregul univers. Impactul pe care l-a avut Einstein asupra a numeroase alte domenii științifice a fost de asemenea important.

Einstein a reprezentat una dintre cele mai strălucite minți din toate timpurile. Dar el s-a implicat și în problemele sociale presante ale vremurilor sale, folosind orice prilej pentru a pleda în favoarea transformării acestei planete într-un spațiu mai civilizat.

Mai întâi vom încerca să cunoaștem omul din spatele teoriei, iar apoi vom examina teoria care a zdruncinat însuși fundamentul timpului.

Capitolul 7

Filozof și om de știință

„Cît de ciudat este destinul nostru, al muritorilor! Fiecare dintre noi se află aici pentru un interval de timp trecător, fără să știe în ce scop... Idealurile care mi-au luminat calea și care mi-au dat de fiecare dată curajul să înfrunt viața cu optimism au fost Bunătatea, Frumusețea și Adevărul.”

ALBERT EINSTEIN

The World As I See It („Lumea așa cum o văd eu”) (1931)

Albert Einstein a fost un filozof. S-a întâmplat să fie și un fizician extraordinar. Astăzi îl cunoaștem datorită teoriei sale despre spațiu, timp și gravitație, însă el era în egală măsură preocupat de probleme de libertate, de valoare și sensul vieții omenești, de bine și de rău, de educație, religie, politică, guvernare și pacifism. Einstein a scris și a vorbit în public de peste două sute de ori, începînd din anul 1915 și pînă la moartea sa, în 1955, în ciuda faptului că se sfia de propria sa celebritate mondială:

Fie ca orice om să fie respectat ca individ, fără ca vreunul dintre noi să fie idolatrizat. Este o ironie a sorții faptul că eu am devenit obiect al admirației excesive și al venerației din partea semenilor mei, deși... nu am nici un merit. Această situație s-ar putea explica prin... dorința de a înțelege cele cîteva idei la care am reușit să ajung cu slabele mele puteri...

Chiar dacă Einstein a dedicat științei o mare parte a vieții sale, el manifesta un profund interes pentru mai multe aspecte de ordin filozofic, încă de la o vîrstă fragedă. După ce a pășit pe scena lumii, în 1915, el a scris și a vorbit despre multe dintre problemele morale, politice și filozofice amintite mai sus, dar a și corespondat cu faimosul psihiatru austriac Sigmund Freud despre instinctele de iubire-ură ale omenirii, a purtat un dialog îndelungat despre natură și despre adevăr cu poetul și misticul indian Rabindranath Tagore și s-a angajat în numeroase dezbateri cu mulți alți gînditorii ai epocii sale. Seria cu har în limba germană, era un iubitor al muzicii și profund interesat de evitarea suferinței omenești inutile.

Următoarele citate extrase din discursurile politice și din articolele lui Einstein ne ajută să întrezărim bogăția ideilor, idealurilor, opiniilor și

punctelor de vedere asupra vieții expuse de acest om modest și scriitor, filozof și mare idealist.

DESPRE ARMATĂ

În două săptămîni, masele de oameni din orice țară pot fi aduse prin intermediul ziarelor într-o asemenea stare surescitată de furie încît bărbații sînt gata să-și pună uniforme pentru a ucide și a fi uciși de dragul intereselor meschine ale cîtorva partide politice. Serviciul militar obligatoriu pare a fi cel mai dizgrațios simptom al acestei lipse de demnitate personală de care suferă astăzi lumea civilizată. (Publicat în *Mein Weltbild*, 1934)

DESPRE PALESTINA

Evreii și arabii se înfruntă ca niște dușmani... Această stare de lucruri este în dezavantajul ambelor părți. Ar trebui să se formeze un Consiliu Secret la care atît evreii cît și arabii să trimită cîte patru reprezentanți. Acești oameni ar trebui să se întâlnească o dată pe săptămîină, obligîndu-se să nu susțină interesele sectare ale religiei sau naționalității lor, ci să urmărească binele întregii populații a țării... (München, 1930).

DESPRE ANTICOMUNIȘTII DE DREAPTA

Politicienii reacționari au reușit să stîrnească suspiciuni în privința tuturor eforturilor intelectuale, fluturînd în fața ochilor tuturor un pericol venit din afară. Fiindcă au avut succes, acum au început să suprimе libertatea de a studia și să-i elibereze din funcții pe toți cei care nu manifestă obediență...(New York, 1953)

DESPRE DREPTURILE OMULUI

Existența și valabilitatea drepturilor omului nu sînt scrise în stele. Idealurile privitoare la felul în care se comportă oamenii unii față de alții și structura recomandabilă comunității au fost concepute și gîndite în decursul istoriei de către indivizi luminați. Aceste idealuri și convingeri au fost ... călcate în picioare... O mare parte a istoriei este prin urmare plină de lupta pentru aceste drepturi ale omului, un efort veșnic în care nu există victorie finală. Dar a slăbi această luptă ar însemna ruina societății (Chicago, 1954).

Importanța internațională a tuturor cauzelor pe care le-a susținut i-a sporit popularitatea la cote nemaîntîlnite.

Einstein caută ordinea într-o lume haotică

Călătorie pe o rază de lumină

Albert Einstein nu era doar un om de știință care meditează asupra noțiunilor de timp și spațiu. Dar noi îl cunoaștem mai mult datorită minții lui ajunse pe culmile gândirii științifice. S-a născut pe 14 martie 1879, la Ulm în Germania. Peste un an, în urma falimentului în afaceri al tatălui său, familia s-a mutat la München, unde unchiul lui Einstein, Jakob, a deschis un atelier electromecanic. Einstein a urmat școlile cu program rigid din München, unde a dobândit o puternică aversiune față de educația înregimentată și disciplina absurdă, așa cum reiese din nenumăratele critici aduse public autorității militare și statelor totalitare.

Relatările despre rezultatele școlare slabe din primii ani sînt adevărate. La școală era plictisit, intimidat, timid și retras. Istoricii au sugerat chiar că el suferea de o formă de dislexie*, dar acest lucru nu a fost confirmat. Fratele lui Einstein scria că „profesorii (lui Albert) relatau... că avea o minte înceată, era nesociabil și veșnic adîncit în visele lui prostești“. Întrebat de directorul școlii despre profesia pe care o va îmbrățișa Albert, tatăl lui Einstein a răspuns: „Nu contează... oricum nu va reuși să facă nimic“.

În prima parte a copilăriei sale au existat cîteva elemente care i-au influențat preocupările în direcția relativității: o busolă de buzunar pe care a primit-o la vîrsta de cinci ani, un instrument care i-a dovedit că spațiul nu este gol, așa cum fusese învățat; pasiunea pentru vioară, care l-a condus la cunoașterea structurii matematice a muzicii; unchiul său, Jakob Einstein, care știa să prezinte matematica într-un fel interesant și unchiul Căsar Koch, care a recunoscut și susținut interesul lui Albert pentru știință. Dar Max Talmey, un tînăr student al Facultății de medicină de la Universitatea din München, mentorul și tutorele lui Einstein, a fost cel care i-a descoperit strălucirea latentă dîndu-i cărți avansate de fizică și matematică. După spusele lui Talmey: „Geniul lui matematic atinsese un nivel atît de înalt încît nu mai puteam să țin pasul cu el. După aceea discutam mai mult despre filozofie. I-am recomandat să-l citească pe Kant.“ Mai tîrziu, Einstein va citi și operele filozofice ale lui David Hume, Ernst Mach și alții.

Încă de la doisprezece ani manifesta un scepticism sănătos față de majoritatea materiilor impuse în primii ani de școală în sistemul școlar german de învățămînt înregimentat. A început să se concentreze asupra lumii fizice și să-și perfecționeze ideile cu privire la aceasta. La vîrsta de cincisprezece ani, Einstein a fost exmatriculat din școală pentru că refuzase să se supună înregimentării. Îndrumătorul l-a atenționat: „Prezența dumitale în clasă provoacă dezordine și îi perturbă și pe ceilalți elevi“.

* Incapacitatea de a înțelege cuvinte scrise sau tipărite (n.t.).

Einstein caută ordinea într-o lume haotică

Călătorie pe o rază de lumină

Albert Einstein nu era doar un om de știință care meditează asupra noțiunilor de timp și spațiu. Dar noi îl cunoaștem mai mult datorită minții lui ajunse pe culmile gândirii științifice. S-a născut pe 14 martie 1879, la Ulm în Germania. Peste un an, în urma falimentului în afaceri al tatălui său, familia s-a mutat la München, unde unchiul lui Einstein, Jakob, a deschis un atelier electromecanic. Einstein a urmat școlile cu program rigid din München, unde a dobândit o puternică aversiune față de educația înregimentată și disciplina absurdă, așa cum reiese din nenumăratele critici aduse public autorității militare și statelor totalitare.

Relatările despre rezultatele școlare slabe din primii ani sînt adevărate. La școală era plictisit, intimidat, timid și retras. Istoricii au sugerat chiar că el suferea de o formă de dislexie*, dar acest lucru nu a fost confirmat. Fratele lui Einstein scria că „profesorii (lui Albert) relatau... că avea o minte înceată, era nesociabil și veșnic adîncit în visele lui prostești”. Întrebat de directorul școlii despre profesia pe care o va îmbrățișa Albert, tatăl lui Einstein a răspuns: „Nu contează... oricum nu va reuși să facă nimic”.

În prima parte a copilăriei sale au existat cîteva elemente care i-au influențat preocupările în direcția relativității: o busolă de buzunar pe care a primit-o la vîrsta de cinci ani, un instrument care i-a dovedit că spațiul nu este gol, așa cum fusese învățat; pasiunea pentru vioară, care l-a condus la cunoașterea structurii matematice a muzicii; unchiul său, Jakob Einstein, care știa să prezinte matematica într-un fel interesant și unchiul Căsar Koch, care a recunoscut și susținut interesul lui Albert pentru știință. Dar Max Talmey, un tînăr student al Facultății de medicină de la Universitatea din München, mentorul și tutorele lui Einstein, a fost cel care i-a descoperit strălucirea latentă dîndu-i cărți avansate de fizică și matematică. După spusele lui Talmey: „Geniul lui matematic atinsese un nivel atît de înalt încît nu mai puteam să țin pasul cu el. După aceea discutam mai mult despre filozofie. I-am recomandat să-l citească pe Kant.” Mai tîrziu, Einstein va citi și operele filozofice ale lui David Hume, Ernst Mach și alții.

Încă de la doisprezece ani manifesta un scepticism sănătos față de majoritatea materiilor impuse în primii ani de școală în sistemul școlar german de învățămînt înregimentat. A început să se concentreze asupra lumii fizice și să-și perfecționeze ideile cu privire la aceasta. La vîrsta de cincisprezece ani, Einstein a fost exmatriculat din școală pentru că refuzase să se supună înregimentării. Îndrumătorul l-a atenționat: „Prezența dumitale în clasă provoacă dezordine și îi perturbă și pe ceilalți elevi”.

* Incapacitatea de a înțelege cuvinte scrise sau tipărite (n.t.).

După aceea a plecat la Milano, în Italia, pentru a se alătura din nou familiei sale, care se mutase din Germania deoarece afacerile tatălui său eșuasera încă o dată. În anul următor, la vârsta de șaisprezece ani, în timp ce mergea cu bicicleta printr-o zonă rurală, și-a pus o întrebare inocentă care îi va conduce la una din marile descoperiri științifice din istorie – o descoperire care va modifica fundamental viziunea noastră despre univers. *Care cum ar arăta lumea dacă m-aș afla pe o rază de lumină, deplasându-mă cu viteza luminii?*

Einstein voia să-și continue studiile de fizică și matematică pentru a se înscrie la Academia Politehnică din Zürich, Elveția, dar în primăvara anului 1895 nu avea decât șaisprezece ani, cu doi ani mai puțin decât vârsta la care putea susține examenul de admitere. În acel an a scris un articol despre electromagnetism (care prefigura teoria relativității) și l-a trimis unchiului Căsar. Prin intermediul unor prieteni de familie, lucrarea a ajuns până la rectorul academiei, astfel încât în cele din urmă Einstein a fost admis. Țelul lui era să ajungă profesor de fizică matematică, astfel încât cursurile pe care le urma cuprindeau studiul calculului integral și diferențial, geometria analitică, geometria descriptivă, geometria numerelor și teoria integralei definite. În ultimii ani ai secolului al XIX-lea au apărut noi teorii despre electromagnetism, iar oamenii de știință au înțeles că fizica lui Newton nu putea explica anumite fenomene. Aceste noi cunoștințe au zguduit din temelii viziunea general acceptată despre univers. În timpul celor patru ani petrecuți la academie, opiniile lui Einstein s-au format în același timp cu descoperirea razelor X de către Röntgen, descoperirea electronului de către Thomson și formularea treptată de către Ernest Rutherford a concepției moderne despre atom. Însă fizica newtoniană funcționase atât de multă vreme și era atât de bine înrădăcinată încât autoritățile conservatoare din domeniul științei se dovedeau extrem de neîncredătoare față de orice nou concept care putea să reflecte vreo slăbiciune în acest domeniu al cunoașterii.

Capacitatea lui Einstein de a concepe noi abordări eliberate de restricțiile dogmei științifice acceptate, coroborată cu influențele venite din partea unchiului său și a lui Max Talmey, cu recente descoperiri din domeniul electromagnetismului și cu cei patru ani de studiere a fizicii și matematicii la Academia Politehnică au pregătit terenul pentru unul dintre cele mai mari progrese din istoria științei. Totuși, Einstein a continuat să-și manifeste spiritul rebel și independența. „Ai un defect”, l-a atenționat un profesor. „Nimeni nu poate să-și spună nimic.” Drept rezultat, după absolvire nu a capătat postul de asistent la facultatea de fizică a academiei, astfel s-au spulberat speranțele de a deveni profesor de fizică matematică.

Einstein redefinește universul

Un funcționar necunoscut... Echivalența dintre masă și energie

Einstein s-a întors la Milano pentru a locui timp de câteva luni cu familia, dar curînd va reveni la Zürich și va deveni cetățean elvețian. Avînd șanse mai mari de a obține o slujbă permanentă decît pe vremea cînd era evreu german, pe data de 16 iunie 1902 a fost numit expert tehnic la biroul de patente pentru invenții, cu un salariu de 3500 de franci pe an (echivalentul a aproximativ 3000 de dolari). Locuia într-o garsonieră, la câteva sute de metri de birou. Max Talmey, mentorul său din copilărie, l-a vizitat pe Einstein la Berna, după care a scris: „Trăia într-o sărăcie lucie, în cămăruța lui sărăcăcios mobilată... Greutățile erau agravate de obstacolele ridicate în calea lui de oamenii care îl invidiau“. Einstein stătea zi de zi împreună cu colegii săi, funcționari tehnici, în biroul lung și strîmt de la oficiul pentru invenții, citind nesfîrșitele cereri de obținere a patentelor pentru mașini de scris, aparate de fotografiat, instrumente tehnice și alte mii de asemenea dispozitive pentru care inventatorii, plini de speranțe, solicitau protecție legală. Curînd a reușit să deprindă această rutină lipsită de pretenții, eliberîndu-și geniul creator spre a-și putea elabora teoriile în domeniul fizicii în orele rămase după muncă la birou.

Pentru a mai cîștiga niște bani a dat anunț la ziar, oferind meditații la fizică. A ajuns astfel să predea unor studenți străluciți, cu doi sau trei ani mai tineri decît el. Einstein se apropia sufletește de elevii săi, angajîndu-se în lungi discuții și dezbateri intelectuale care vor continua timp de cîțiva ani. Făceau adesea excursii la țară sau dădeau curs pasiunii comune pentru fizică la Café Bollwerk, lîngă biroul de patente, timp în care Einstein își perfecționa capacitatea de a-și exprima teoriile în cea mai elocventă formă posibilă. Unii dintre acești elevi au scris mai tîrziu că, dincolo de geniul lui evident, Einstein se remarcă încă de la douăzeci de ani printr-o prezență impunătoare și o impresionantă forță de caracter.

În 1903, Einstein s-a căsătorit cu Mileva Marič, o prietenă din timpul șederii sale la Zürich. Doi ani mai tîrziu, la vîrsta de 26 de ani, pe cînd era încă un funcționar necunoscut de la biroul elvețian de invenții, Einstein a scris articolul „Despre electrodinamica corpurilor în mișcare“, cuprinzînd răspunsul la întrebarea pe care și-o pusese în urmă cu zece ani. Bazîndu-se pe calculele matematice prezentate în articol, Einstein a tras concluzia că, dacă lumina se mișcă mereu cu aceeași viteză în spațiul liber, indiferent de mișcarea sursei de lumină, atunci scurgerea timpului trebuie să fie relativă, nu absolută. Cu alte cuvinte, o persoană care se deplasează cu viteza luminii (și poartă o sursă de lumină) poate acționa declanșatorul, iar fasciculul de lumină emis se va depărta de acea persoană și de sursa de lumină *cu viteza luminii* în raport cu respectiva persoană, dar și cu un

Einstein redefinește universul

Un funcționar necunoscut... Echivalența dintre masă și energie

Einstein s-a întors la Milano pentru a locui timp de câteva luni cu familia, dar curînd va reveni la Zürich și va deveni cetățean elvețian. Avînd șanse mai mari de a obține o slujbă permanentă decît pe vremea cînd era evreu german, pe data de 16 iunie 1902 a fost numit expert tehnic la biroul de patente pentru invenții, cu un salariu de 3500 de franci pe an (echivalentul a aproximativ 3000 de dolari). Locuia într-o garsonieră, la câteva sute de metri de birou. Max Talmey, mentorul său din copilărie, l-a vizitat pe Einstein la Berna, după care a scris: „Trăia într-o sărăcie lucie, în cămăruța lui sărăcăcios mobilată... Greutățile erau agravate de obstacolele ridicate în calea lui de oamenii care îl invidiau“. Einstein stătea zi de zi împreună cu colegii săi, funcționari tehnici, în biroul lung și strîmt de la oficiul pentru invenții, citind nesfîrșitele cereri de obținere a patentelor pentru mașini de scris, aparate de fotografiat, instrumente tehnice și alte mii de asemenea dispozitive pentru care inventatorii, plini de speranțe, solicitau protecție legală. Curînd a reușit să deprindă această rutină lipsită de pretenții, eliberîndu-și geniul creator spre a-și putea elabora teoriile în domeniul fizicii în orele rămase după muncă la birou.

Pentru a mai cîștiga niște bani a dat anunț la ziar, oferind meditații la fizică. A ajuns astfel să predea unor studenți străluciți, cu doi sau trei ani mai tineri decît el. Einstein se apropia sufletește de elevii săi, angajîndu-se în lungi discuții și dezbateri intelectuale care vor continua timp de cîțiva ani. Făceau adesea excursii la țară sau dădeau curs pasiunii comune pentru fizică la Café Bollwerk, lîngă biroul de patente, timp în care Einstein își perfecționa capacitatea de a-și exprima teoriile în cea mai elocventă formă posibilă. Unii dintre acești elevi au scris mai tîrziu că, dincolo de geniul lui evident, Einstein se remarcă încă de la douăzeci de ani printr-o prezență impunătoare și o impresionantă forță de caracter.

În 1903, Einstein s-a căsătorit cu Mileva Marič, o prietenă din timpul șederii sale la Zürich. Doi ani mai tîrziu, la vîrsta de 26 de ani, pe cînd era încă un funcționar necunoscut de la biroul elvețian de invenții, Einstein a scris articolul „Despre electrodinamica corpurilor în mișcare“, cuprinzînd răspunsul la întrebarea pe care și-o pusese în urmă cu zece ani. Bazîndu-se pe calculele matematice prezentate în articol, Einstein a tras concluzia că, dacă lumina se mișcă mereu cu aceeași viteză în spațiul liber, indiferent de mișcarea sursei de lumină, atunci scurgerea timpului trebuie să fie relativă, nu absolută. Cu alte cuvinte, o persoană care se deplasează cu viteza luminii (și poartă o sursă de lumină) poate acționa declanșatorul, iar fasciculul de lumină emis se va depărta de acea persoană și de sursa de lumină cu viteza luminii în raport cu respectiva persoană, dar și cu un

observator aflat în repaus. Conceptele și demonstrația acestei concluzii au devenit cunoscute drept teoria restrînsă a relativității (care va fi examinată mai pe larg în capitolul 8), aducînd o schimbare fundamentală în privința felului în care vedem universul. Într-o lucrare conexă, Einstein a stabilit echivalența dintre masă și energie, reprezentată mai tîrziu de faimoasa ecuație $E=mc^2$ care a fost prezentată în capitolul 6. Aceasta a constituit cea mai importantă concluzie pe care Einstein a desprins-o din teoria restrînsă a relativității.

În 1905, el a publicat cinci lucrări despre subiecte total diferite. Trei dintre ele vor avea o maximă importanță în istoria fizicii. Lucrarea despre explicația cuantică a efectului fotoelectric îi va aduce, peste șaisprezece ani, Premiul Nobel. A treia lucrare conținea teoria restrînsă a relativității, în care adăuga spațiu-timpul drept a patra dimensiune a universului. Doar nouă mii de cuvinte compun această lucrare științifică, una dintre cele mai remarcabile scrise vreodată.

Cu toate acestea, a durat destul de mult timp pînă cînd ceilalți fizicieni au ajuns să aprecieze importanța lucrărilor lui Einstein. În 1907, Einstein a făcut primul pas în cariera academică, devenind preparator la Facultatea de Fizică Teoretică de la Universitatea din Berna, dar nu și-a părăsit slujba de la oficiul de invenții. La primul lui curs nu au venit decît patru studenți, iar în semestrul următor unul singur. Pe măsură ce teoria relativității se extindea încet-încet în comunitatea științifică, iar ceilalți oameni de știință începeau să-și dea seama ce reprezenta acest nou domeniu de cunoaștere, Einstein avea să fie smuls din cochilia sa izolată, fiind treptat acceptat ca membru al comunității științifice internaționale. A început să petreacă din ce în ce mai mult timp departe de Berna, stabilind relații cu Hendrik Lorentz în Olanda, Ernest Mach în Austria, Ernest Rutherford în Anglia, Marie Curie și Paul Langevin în Franța, Max Planck în Berlin și Arnold Sommerfeld în Bonn. Începînd din anul 1909 a primit numeroase invitații pentru a susține diferite conferințe științifice, iar în curînd avea să fie considerat drept liderul elitei științifice de la începutul secolului XX care se concentra asupra descoperirii naturii lumii fizice.

La 6 iulie 1909, Einstein a demisionat de la oficiul de invenții și s-a mutat din nou la Zürich. Conferințele ținute de el la Zürich (despre electrodinamică, teoria cuantică a căldurii, electromagnetism și alte subiecte din lumea fizicii) au devenit extrem de populare, datorită umorului său, prezentărilor neobișnuite, răbdării și solitudinii manifestate față de studenții săi pentru a se asigura că s-a făcut înțeles.

Următorii ani au fost dominați de numeroase călătorii prin Europa și de perfecționarea și consolidarea teoriilor sale științifice, inclusiv de elaborarea teoriei generale a relativității (care va face obiectul capitolului 8). În luna martie a anului 1911, el a acceptat un post la Universitatea Germană din Praga, în Cehoslovacia, la cîțiva kilometri de locul în care Tycho

Brahe îl angajase pe tânărul Johannes Kepler. El a observat o ostilitate crescândă între cetățenii cehi și cei germani aflați acolo. Această animozitate anunța, pentru el și pentru lume, o situație politică din ce în ce mai instabilă, care avea să grăbească izbucnirea războiului.

Între timp, soții Einstein au avut doi copii – Hans, născut în 1903, și Edward, în 1910. În luna martie a anului 1912, Einstein s-a dus la Paris pentru a se adresa Societății Fizicienilor din Franța, consolidând relația de prietenie cu Marie Curie, prietenie care va dura pînă la moartea lui Marie, în 1934. În luna iulie a aceluiași an, cele două familii au petrecut o vacanță în Alpi. Fiica cea mai mare a lui Marie Curie, Irène, a continuat opera mamei sale, stabilind la rîndul său o îndelungată relație de prietenie cu Einstein.

În luna aprilie a anului 1914 familia s-a mutat la Berlin, unde Einstein a început să lucreze cu sprijinul generos al primei asociații științifice germane, Academia Prusacă de Științe. Einstein și-a exprimat recunoștința printr-o scrisoare adresată membrilor asociației:

Domnilor... Trebuie să vă mulțumesc din toată inima pentru că mi-ați făcut o favoare pe care nimeni altcineva n-ar fi acordat-o unui om ca mine. Prin alegerea mea în rîndul Academiei dumneavoastră m-ați eliberat de grijile vieții, dîndu-mi posibilitatea de a mă dedica în întregime studiilor științifice.

Aceste cuvinte calde și admirația reciprocă dintre Einstein și academie au fost curînd înghițite de întunericul care a cuprins lumea o dată cu izbucnirea primului război mondial. Schimbarea la față a lumii și rolul principal jucat de Germania au modificat radical viața lui Einstein, ducînd la transformarea lui dintr-un om de știință rezervat într-un susținător fervent al pacifismului.

Din cauza războiului, în anul 1914 Mileva și cei doi fii ai săi nu au reușit să revină la Berlin după vacanța de vară petrecută în Elveția. Această separare involuntară a dus în cele din urmă la divorț. În 1915, Einstein a început să ia atitudine împotriva militarismului german și a naționalismului în general. El și-a axat viața pe două obiective – războiul mondial și finalizarea teoriei *generale* a relativității. A publicat pentru prima oară această teorie în anul 1916, într-un articol intitulat „Bazele teoriei generale a relativității”. Gravitația, explică Einstein, nu este o forță, în pofida părerii lui Newton. Gravitația este de fapt „un cîmp curbat în continuumul spațio-temporal”. După încheierea acestei lucrări, Einstein și-a exteriorizat emoția într-o scrisoare către prietenul său, fizicianul german Arnold Sommerfeld (1868–1951), în luna noiembrie 1916, căruia i-a mărturisit: „În ultima lună am trecut prin cea mai emoționantă și mai istovitoare perioadă a vieții mele, și aș putea afirma că a fost și cea mai fructuoasă”.

Fizicienii au receptat teoriile combinate ale relativității ca pe o revoluție în gândire, o revoluție cum nu mai avusese loc de la *Principia* lui Newton.

Einstein pășește pe scena mondială

Cel mai mare inamic public al lui Hitler

În 1919, Einstein s-a căsătorit cu Elsa Lowenthal, o rudă îndepărtată a răposatului său tată. Cuplul va locui, împreună cu cele două fiice ale Elsei, la Berlin. În același an, Societatea Regală din Londra a anunțat că pe baza fotografiilor realizate în timpul eclipsei solare care a avut loc pe 29 mai 1919 s-au făcut calcule complete care verifică predicțiile făcute de Einstein în teoria generală a relativității în ceea ce privește devierea luminii stelare. Chiar dacă Einstein era deja cunoscut în cercurile științifice din întreaga lume, adevărata faimă a venit în urma acestui anunț al Societății Regale. Viața lui publică s-a schimbat spectaculos. A devenit un simbol al științei, un lider al intelectualității secolului XX. În următorii 35 de ani el va fi purtătorul de cuvânt al cauzelor sociale menționate mai devreme, concentrându-se în primul rând asupra promovării pacifismului internațional. În anii '20, marcați de idealuri nerealiste, Einstein a fost întruchiparea idealismului, activînd împreună cu Marie Curie și alți fizicieni celebri într-un număr de organizații care îi promovau crezurile filozofice, cum ar fi nou-formatul Comitet Internațional al Cooperării Intellectuale al Ligii Națiunilor.

În 1929, Einstein stabilise deja legături strînse cu fizicienii din lumea întreagă, inclusiv din Statele Unite ale Americii. O dată cu recrudescența militarismului german, însoțit de un antisemitism mult mai sinistru, Einstein a început să se gîndească nu doar la părăsirea Germaniei, ci și la desprinderea de întregul continent european. La mijlocul anului 1932, cînd nu mai încăpea nici o îndoială că naziștii vor ajunge în curînd la putere în Germania, Einstein își făcea deja planuri să se mute împreună cu soția în Statele Unite. Soarta lui Einstein a fost pecetluită în timpul unui turneu de conferințe prin America, atunci cînd, pe 30 ianuarie 1933, Adolf Hitler a preluat puterea, fiind ales cancelar al Germaniei. După aceea, Einstein a renunțat la cetățenia germană, condamînd țara în care s-a născut și sfătuindu-i pe toți europenii să ridice armele împotriva naziștilor, pentru a nu-i lăsa să declanșeze războiul. Profetiile pe care le-a făcut în anii de început ai regimului hitlerist au fost ignorate. Drept represalii pentru declarațiile publice ale lui Einstein, polițiștii naziști i-au distrus casa de vacanță aflată în afara Berlinului. Relațiile lui Einstein cu Academia Prusacă de Științe, care îl primise în rîndurile sale în anul 1914, s-au întrerupt brusc atunci cînd Einstein s-a retras public, iar academia a emis „Declarația din 1 aprilie 1933”, în care își afirma loialitatea față de Germania, susținînd că „nu există nici un motiv pentru a regreta retragerea lui Einstein”.

În octombrie 1933, Einstein a acceptat un post de titular la Facultatea de matematică a nou-înființatului Institut de Studii Avansate din Princeton, New Jersey, unde va rămîne în următorii 22 de ani. Ca și cum teoria restrînsă și cea generală a relativității nu ar fi fost realizări suficient de mari, Einstein a început să se preocupe de posibilitatea unificării acestor teorii (și a altora) în ceea ce se va numi „teoria unificată a cîmpului”. Acest obiectiv îi va domina ultimii ani din viață, fără a fi însă atins.

După 1920, eforturile lui științifice și sociale nu mai aveau același răsunset ca pînă atunci. Mai mult, fiul său Edward a suferit o cădere psihică, blamîndu-și tatăl pentru că îl părăsise după divorțul de Mileva Marić și-i declanșase astfel depresia. După acest trist eveniment urmat de moartea soției sale Elsa, Einstein a devenit mai grav și mai dezamăgit de propria viață, inclusiv de neputința de a opri războiul care amenința să izbucnească, conștient că se va dovedi dezastruos pentru o mulțime de oameni nevinovați. Așa cum am văzut în capitolul 6, munca lui liniștită de la Princeton a fost întreruptă în 1939, atunci cînd a acceptat să semneze scrisoarea către Roosevelt care va duce la realizarea Proiectului Manhattan. Oricum, și-a limitat călătoriile în anii '40, ducînd o existență de rutină consacrată cercetărilor sale teoretice, fără să mai înregistreze nici o altă contribuție importantă în domeniul fizicii.

Prin prisma aportului său la înțelegerea universului, Albert Einstein va rămîne pentru totdeauna o mare personalitate a științei. Dar pentru a-l aprecia deplin ca pe o ființă umană, trebuie să ținem seama și de celelalte pasiuni ale sale – pacifismul, condiția umană, adevărul și dificila misiune de a crea instituții politice care să mențină libertatea în societate. Einstein a criticat guvernele slabe și politicile opresive care au influențat destinele a milioane de oameni din prima jumătate a acestui secol. El a devenit conștiința lumii. Dar aceste cruciade au eșuat. Printr-o ironie a sorții, singura sa contribuție care a dus la stabilirea unei politici guvernamentale clare a reprezentat-o scrisoarea fatidică adresată lui Roosevelt pentru încurajarea susținerii cercetărilor care au dus la realizarea Proiectului Manhattan. Acesta a legat pentru totdeauna numele lui Einstein de producerea bombei atomice care a ucis peste 200 000 de oameni, distrugînd orașele Hiroshima și Nagasaki. Einstein și-a exprimat regretul în multe feluri, în numeroase ocazii. Astfel, el i-a spus faimosului biochimist Linus Pauling: „Am făcut o mare greșală în viață – atunci cînd am semnat scrisoarea către președintele Roosevelt pentru a sprijini fabricarea bombei atomice”. În continuare a adăugat: „Fizicienii care au participat la fabricarea celei mai formidabile și mai periculoase arme a tuturor timpurilor sînt dominați de un sentiment de responsabilitate, ca să nu spun vinovăție...”. El se considera pe sine și pe ceilalți fizicieni drept colaboratori la inventarea celei mai îngrozitoare mașinării mortale din istorie. Dar în contextul

evenimentelor care i-au influențat hotărîrea de a semna scrisoarea, aceasta era o decizie logică, pe care uneori a apărut-o:

Am sprijinit proiectul de creare a unei noi arme pentru a preîntîmpina posibilitatea ca dușmanii omenirii s-o realizeze înaintea noastră, lucru care ar fi însemnat, dată fiind mentalitatea lor nazistă, o distrugere greu de imaginat și căderea în sclavie a întregii lumi. Am pus această armă în mîinile poporului american și ale celui britanic, garanți ai încrederii întregii umanități, luptători pentru pace și libertate. Dar ulterior nu am mai reușit să obținem nici o garanție a păcii. Nu vedem nici o garantare a libertăților pe care le-au promis... Războiul a fost cîștigat, nu însă și pacea.

Așadar, temîndu-se ca nu cumva germanii să construiască primii bomba, el a simțit că Proiectul Manhattan era justificat. Însă atunci cînd Statele Unite au descoperit că nemții nu ajunseseră chiar atît de departe pe cît credeau, precum și după încheierea războiului din Europa, în mai 1945, Einstein s-a opus folosirii acestei arme. „Am condamnat întotdeauna utilizarea bombei atomice împotriva Japoniei“, a spus el. Vederile lui pacifiste, pe care și le afirmase cu și mai multă tărie după lansarea bombelor de la Hiroshima și Nagasaki, izvorau din credința că ar trebui să existe un singur guvern mondial, cu o constituție care să fie redactată în comun de Statele Unite, Marea Britanie și Rusia. „Susțin guvernul mondial“, scria Einstein, „deoarece sînt convins că nu există nici o altă cale posibilă de eliminare a celui mai teribil pericol în care s-a aflat vreodată omenirea.“

Einstein a adoptat această poziție fără să țină seama de puternicele forțe sociale, culturale și politice care unesc oamenii în entități naționale și regionale. Aceste forțe au rădăcini de sute și chiar mii de ani, care influențează regulat evenimentele din întreaga lume, în locuri precum Bosnia, Cecenia, Orientul Apropiat, Somalia, Ruanda, Haiti și Irlanda de Nord. Einstein trebuie să fi știut că aceste forțe nu pot fi supuse printr-o profeție vagă și neaxată pe dovezi concrete, potrivit căreia renunțarea la suveranitatea națională este soluția ideală pentru cea mai mare parte a omenirii.

Cu toate că ideile politice și sociale ale lui Einstein nu au avut niciodată un impact semnificativ asupra celor ce dețineau puterea politică, el a rămas toată viața o figură respectată. Dar după cel de-al doilea război mondial, în contextul ostilității și neîncrederii crescînde a națiunii americane față de Uniunea Sovietică, viziunea pacifistă și ideea de guvern mondial promovată de Einstein au fost privite cu suspiciune de americani. El a suferit o ultimă, dar blîndă cădere în dizgrație după un discurs televizat în anul 1950:

Iar acum opinia publică află că noul obiectiv este producerea bombei cu hidrogen... Președintele a decretat solemn intensificarea cercetărilor

în acest scop. Dacă aceste eforturi vor fi încununate de succes, pătrunderea radiațiilor în atmosferă și prin urmare anihilarea vieții pe pământ va deveni o posibilitate din punct de vedere tehnic.

În anii de declin care au urmat acestui discurs, el a persistat în apelul său la pacifism, chiar dacă era considerat anacronic, un om de știință singuratic și excentric care a pierdut contactul cu realitatea socială și politică – un punct de vedere ce se regăsește chiar în propria descriere:

Interesul meu asiduu față de dreptate și responsabilitate socială a fost întotdeauna într-un curios contrast cu respingerea unei asocieri directe cu oamenii. Nu am aparținut niciodată pe deplin unei țări sau unui stat, cercului meu de prieteni, nici măcar proprii mele familii. Aceste legături au fost întotdeauna însoțite de o vagă reticență, iar dorința de a mă retrage în mine însumi crește o dată cu trecerea anilor. O astfel de izolare este uneori amară, dar nu regret că m-am depărtat de înțelegerea și simpatia altor oameni. Ca să fiu sincer, simt că am pierdut ceva, dar am compensat prin faptul că am devenit independent față de tradițiile, opiniile și prejudecățile altora... Este ciudat să fii cunoscut de toată lumea și în același timp să fii atât de singur.

Albert Einstein nu și-a făcut iluzii că spusele sale vor putea influența națiunile. Dar se simțea obligat din punct de vedere moral să vorbească și să scrie aceste cuvinte. „Nu vreau decât să slujesc cu slabele mele puteri adevărul și dreptatea, chiar cu riscul de a nemulțumi pe toată lumea.” Prin devotamentul său față de activitățile și starca umanității, prin faptul că era o persoană profund implicată în problemele științei, ca parte integrantă a culturii noastre, Einstein – germanul care ura Germania, sionistul care încerca să facă pace cu arabii, pacifistul de numele căruia se leagă apariția armei nucleare și singuraticul introvertit care a devenit un purtător de cuvânt pe scena lumii – a demonstrat mai bine ca oricine cât de dependentă este știința de o societate liberă și cât de efemeră poate fi această libertate.

în acest scop. Dacă aceste eforturi vor fi încununate de succes, pătrunderea radiațiilor în atmosferă și prin urmare anihilarea vieții pe pământ va deveni o posibilitate din punct de vedere tehnic.

În anii de declin care au urmat acestui discurs, el a persistat în apelul său la pacifism, chiar dacă era considerat anacronic, un om de știință singuratic și excentric care a pierdut contactul cu realitatea socială și politică – un punct de vedere ce se regăsește chiar în propria descriere:

Interesul meu asiduu față de dreptate și responsabilitate socială a fost întotdeauna într-un curios contrast cu respingerea unei asocieri directe cu oamenii. Nu am aparținut niciodată pe deplin unei țări sau unui stat, cercului meu de prieteni, nici măcar propriei mele familii. Aceste legături au fost întotdeauna însoțite de o vagă reticență, iar dorința de a mă retrage în mine însumi crește o dată cu trecerea anilor. O astfel de izolare este uneori amară, dar nu regret că m-am depărtat de înțelegerea și simpatia altor oameni. Ca să fiu sincer, simt că am pierdut ceva, dar am compensat prin faptul că am devenit independent față de tradițiile, opiniile și prejudecățile altora... Este ciudat să fii cunoscut de toată lumea și în același timp să fii atât de singur.

Albert Einstein nu și-a făcut iluzii că spusele sale vor putea influența națiunile. Dar se simțea obligat din punct de vedere moral să vorbească și să scrie aceste cuvinte. „Nu vreau decît să slujesc cu slabele mele puteri adevărul și dreptatea, chiar cu riscul de a nemulțumi pe toată lumea.” Prin devotamentul său față de activitățile și starea umanității, prin faptul că era o persoană profund implicată în problemele științei, ca parte integrantă a culturii noastre, Einstein – germanul care ura Germania, sionistul care încerca să facă pace cu arabii, pacifistul de numele căruia se leagă apariția armei nucleare și singuraticul introvertit care a devenit un purtător de cuvînt pe scena lumii – a demonstrat mai bine ca oricine cît de dependentă este știința de o societate liberă și cît de efemeră poate fi această libertate.

Capitolul 8

A patra dimensiune

*Uneori văd
limpede de tot
cînd sînt singur și-mi amintesc
lumina de după-amiază la sfîrșitul orelor de școală
lumea prin ochii unui copil.*

*Apoi pot să văd
încă o lume
aflată aici și acum sub stăpînirea mea,
precum în diminețile de sîmbătă cînd mă trezesc și văd
lumea prin ochii unui copil.*

*Cînd voi fi bătrîn
în iarnă, la apus
îmi voi aduce aminte primăvara
și înțelepciunea dobîndită
atunci cînd vedeam
lumea prin ochii unui copil.*

JOHN KUZMA

Lumea văzută prin ochii unui copil (1996)

Toată lumea știe că Einstein a fost un geniu științific care a făcut ceva extraordinar, dar puțini sînt cei care știu despre ce este vorba. Acest capitol va încerca să explice relativitatea. Pentru a o înțelege *deplin*, ai nevoie de cunoștințe avansate de fizică, dar, la fel ca în cazul tuturor celorlalte descoperiri științifice prezentate în această carte, relativitatea poate fi înțeleasă conceptual și fără ajutorul ecuațiilor. Totuși, pentru a pricepe relativitatea este nevoie de un nivel mai înalt de gîndire abstractă decît în cazul altor descoperiri. Nu „trăim” relativitatea în același fel ca gravitația, de exemplu, și nu putem *vedea* relativitatea așa cum vedem galaxiile sau celula umană. Einstein însuși a spus că avantajul obținut în urma înțelegerii majorității teoriilor este claritatea, în timp ce avantajul rezultat din demonstrarea și înțelegerea relativității este „perfecțiunea ei logică”. Principiul relativității se opune bunului-simț comun, astfel încît trebuie să privim lumea eliberați de experiența căpătată de-a lungul vieții. Lumea trebuie să fie văzută prin ochii unui copil.

Fizica newtoniană devine inefficientă

Întrebări despre orbita lui Mercur

Vom examina mai întâi teoria restrînsă a relativității. La sfîșitul acestui capitol vom face o succintă trecere în revistă a teoriei generale a relativității. *Semnificația centrală a teoriei restrînse a relativității rezidă în faptul că trecerea timpului nu este absolută.* „Timpul absolut, adevărat și matematic”, scria Newton în *Principia*, „curge uniform, de la sine, conform naturii sale, fără nici o legătură cu exteriorul.” Este de remarcă că numeroase experimente menite să testeze relativitatea restrînsă au dovedit că afirmația lui Newton nu este adevărată. Rata de trecere a timpului este diferită pentru o persoană aflată „în repaus” față de una care *se deplasează* cu o viteză foarte mare în raport cu persoana aflată în repaus, chiar dacă pentru amîndouă timpul *lor* este real, prezent și normal. O dată cu descoperirea relativității, am înțeles că spațiul și timpul nu sînt separate. Ele se îngemănează sub forma *spațiu-timp*. Nu este nimic în neregulă cu fizica lui Newton, atîta doar că trebuie extinsă pentru a explica relația dintre viteză și spațiu-timp. Relativitatea restrînsă nu anulează fizica newtoniană, ea nu face decît să demonstreze că principiile lui Newton nu sînt valabile în condiții extreme. Cînd se referea la distanță, Newton avea în vedere distanța într-un moment dat. Nimeni nu s-a gîndit, nici măcar Newton, că ar putea exista vreo ambiguitate în ceea ce privește „timpul”.

Legile și principiile descoperite de Newton și prezentate în *Principia* în 1687 au oferit toate răspunsurile necesare pentru ca fizica să poată funcționa cu succes timp de 200 de ani. Galilei și Newton au studiat „relativitatea” în felul în care era definit termenul pe vremea lor. Unele dintre ideile pe care le-au descoperit reprezentau elaborări ale unor concepte cunoscute încă din Grecia antică, în timp ce altele erau corecții ale unor convingeri străvechi. În toate cazurile, legile lui Galilei și Newton pe această temă erau universal acceptate înainte de teoria lui Einstein, fiind cunoscute drept „relativitatea galileeană”. Iată două exemple ale acestui model de relativitate:

1. Dacă o persoană merge pe acoperișul unui tren, în aceeași direcție cu trenul, viteza *relativă* față de pămînt este suma dintre viteza trenului și viteza cu care merge respectiva persoană. De exemplu, dacă trenul se deplasează cu 100 km/h, iar persoana cu 6 km/h, viteza persoanei față de Pămînt este de 106 km/h.
2. Dacă o persoană aflată într-un tren în mișcare lasă să cadă un obiect de pe tavan pe podea, acesta se va înscrie pe o traiectorie verticală față de tren și față de persoana din tren. Totuși, relativ la Pămînt, așa cum ar fi văzută de un observator care se află „în repaus” în afara trenului, traiectoria obiectului va fi o *linie curbă*, fiindcă viteza

deplasării pe verticală a oricărui obiect care cade crește cu timpul. Această curbă este prezentată în figura 8-1.

Exemplele de mai sus arată că pentru a descrie mișcarea unui obiect este necesar un anumit tip de *sistem de referință* (trenul, Pământul sau un alt corp ceresc). Către sfârșitul secolului al XIX-lea au fost descoperite lucruri care păreau să intre în conflict sau să nu aibă de-a face cu legile fizice curențe, inclusiv cu relativitatea galileeană. De exemplu:

- Viteza luminii nu se comportă precum vitezele obiectelor materiale.
- Capacitatea calorică a gazelor moleculare diferă față de valorile calculate prin folosirea teoriei newtoniene.
- Radioactivitatea a demonstrat că materia era subiectul unor „accese” imprevizibile de instabilitate.
- Orbita lui Mercur se află în contradicție cu legile newtoniene ale mișcării.
- Fizica clasică nu dă nici o explicație pentru existența luminii și a altor radiații emise de atomi.

Pentru prima oară după Newton, oamenii de știință au început să pună sub semnul întrebării validitatea sistemului clasic în care credeau atât de mult. Instrumentele lor au devenit din ce în ce mai sofisticate, permițându-le să identifice chiar și aceste mici discrepanțe. Mai ales una dintre aceste neconcordanțe – misterul care învăluia punctul (a) de mai sus, referitor la viteza luminii – a devenit explicabil atunci când Einstein a conceput în 1905 teoria restrânsă a relativității. Încă o dată trebuie spus că principala semnificație și măreția teoriei restrânse a relativității constă în principiul potrivit căruia *trecerea timpului nu este absolută*. Fundamentarea acestei teorii se bazează pur și simplu pe combinația pe care Einstein a realizat-o

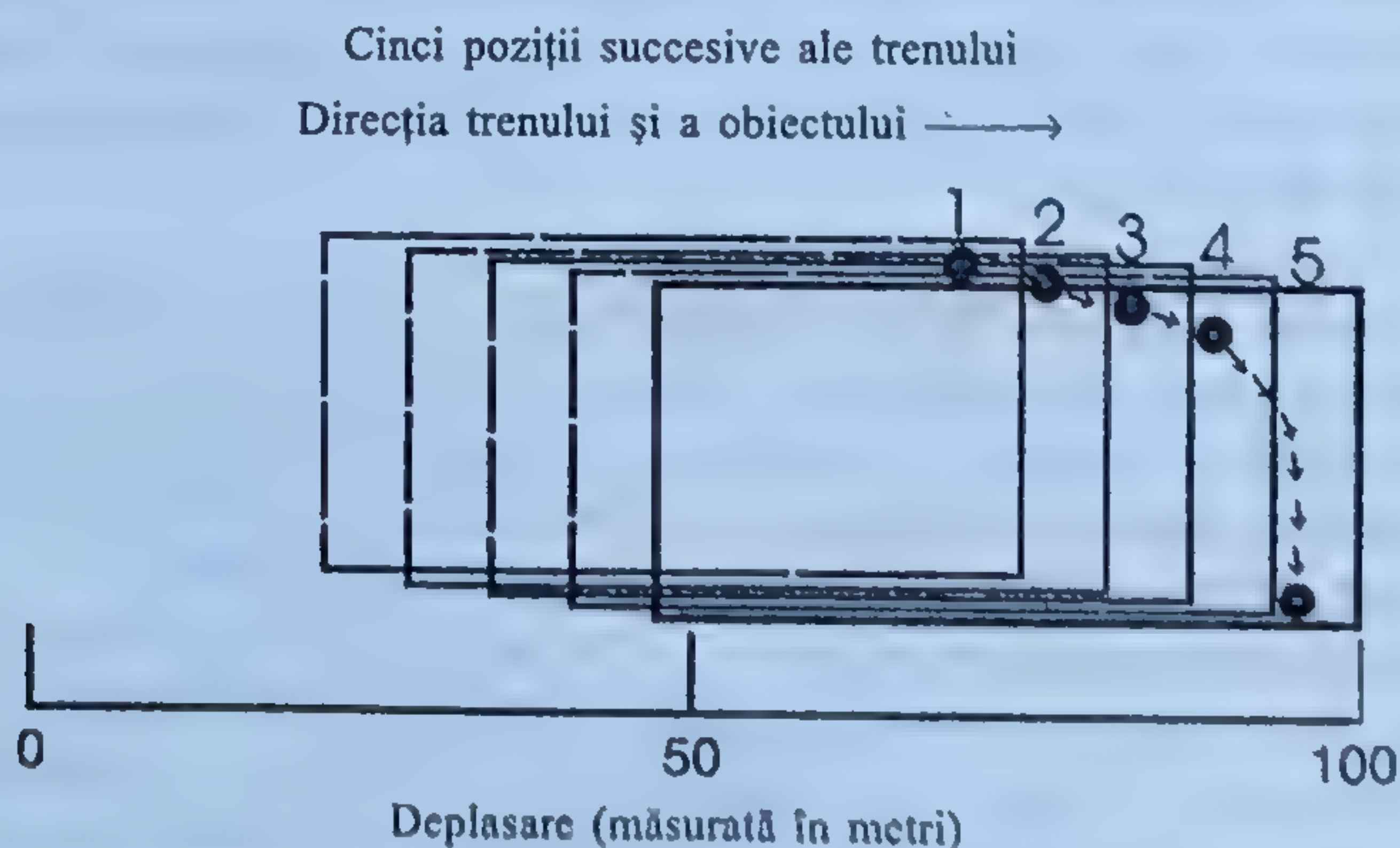


Figura 8-1. Relativitatea galileeană – obiecte în cădere în trenul aflat în mișcare.

între următoarele două principii: relativitatea galileeană și principiul descoperit de el însuși, acela al constanței vitezei luminii. Acest principiu susține că, în vid, lumina are întotdeauna aceeași viteză (300 000 km/s), *indiferent de mișcarea observatorului sau a sursei de lumină*.

Descoperirea de către Einstein a principiului constanței vitezei luminii era rezultatul direct al întrebării pe care acesta și-o pusese la vârsta de 16 ani. În notele autobiografice de mai târziu, el va explica de ce a ajuns să fie atât de sigur de realitatea principiului constanței vitezei luminii:

După zece ani de reflecție, acest principiu a rezultat dintr-un paradox pe care îl intuiam deja la șaisprezece ani: dacă aș fi urmat o rază de lumină cu viteza [luminii] aș fi putut observa un asemenea fascicul ca pe un câmp electromagnetic spațial oscilator aflat în *repaus*. Dar lucrurile nu stăteau chiar așa... Încă de la început mi s-a părut clar din punct de vedere intuitiv faptul că... totul trebuia să se întâmple conform aceluiași legi elaborate ca pentru un observator care, față de Pământ, se afla în repaus. Cum altfel ar fi putut primul observator să determine faptul că se află într-o stare de mișcare uniformă rapidă?

Fizicianul scoțian James Clerk Maxwell (1831–1879) a publicat în 1861 și 1865 două celebre lucrări despre existența unui câmp electromagnetic invizibil care includea un larg interval de *unde* (raze X, unde radio, unde luminoase etc.). Cu alte cuvinte, Maxwell a arătat că undele de lumină călătoresc cu 300 000 km/s. Einstein a teoretizat faptul că viteza acestor unde electromagnetice (inclusiv a luminii) trebuie să fie o cantitate constantă, nu relativă. Viteza observatorului nu influențează cu nimic viteza unor asemenea unde. Ori ecuațiile lui Maxwell erau greșite, ori mecanica lui Newton se dovedea incorectă. Nevoia de a rezolva acest conflict inerent l-a condus pe Einstein la acea teorie restrînsă care susține că ecuațiile lui Maxwell sînt corecte, iar fizica lui Newton nu este adecvată pentru a explica spațiul și timpul atunci cînd un obiect sau un observator se apropie de viteza luminii.

Experimentul Michelson-Morley este reactualizat pentru a susține relativitatea

Vibrații în eter

Constanța vitezei luminii fusese demonstrată de fapt cu 20 de ani înainte ca Einstein să o afirme ca pe un nou principiu. Din 1881 pînă în 1887, fizicianul american de origine germană Albert A. Michelson (1852–1931) a desfășurat o serie de experimente folosind lumina, așa cum vor fi descrise în continuare. Această lucrare a culminat cu un ultim și de acum faimos experiment realizat în 1887 de către Michelson și chimistul american

Edward W. Morley (1838–1923), care a devenit cunoscut drept experimentul Michelson-Morley. Chiar dacă aceste experimente urmăreau să dovedească o altă teorie, iar rezultatele lor nu fuseseră corect interpretate înainte de elaborarea teoriei relativității, acestea au oferit ulterior cele mai bune informații disponibile pentru a susține postulatul lui Einstein referitor la constanța vitezei luminii, care constituie un punct crucial al înțelegerii relativității.

Chiar și după descoperirea de către Maxwell a radiației electromagnetice, majoritatea fizicienilor credeau că spațiul este umplut cu o substanță invizibilă și lipsită de greutate care oscilează, sub formă de unde, făcând astfel posibilă propagarea luminii, asemănător felului în care sunetul rezultă din vibrațiile aerului. Această presupusă substanță era numită „eter luminifer” (sau pur și simplu „eter”). În ciuda faptului că Maxwell arătase că lumina este un fenomen electromagnetic – adică este o undă, nefiind formată din particule – cei mai mulți fizicieni continuau să creadă într-un anumit tip de eter care susține sau conduce undele de lumină.

Primele experimente ale lui Michelson și experimentul Michelson-Morley din 1887 își propuneau să confirme existența eterului. Cei doi fizicieni au încercat să dovedească acest lucru măsurând diferența de timp necesară luminii pentru a se deplasa în direcția de mișcare a Pământului pe orbita sa din jurul Soarelui în comparație cu deplasarea luminii pe o traiectorie aflată la 90° (sau perpendiculară pe orbita Pământului). În sistemul relativității galileene, înainte să se știe că viteza luminii este constantă, era de așteptat să existe o anumită diferență, deoarece – la fel ca în cazul persoanei care merge pe acoperișul trenului sau ca obiectul care cade din tren – se presupunea că o rază de lumină îndreptată *către* direcția de mișcare a Pământului în jurul Soarelui se deplasează cu viteza luminii *minus* această mișcare orbitală de aproximativ 108 000 km/h, la fel ca o ambarcațiune care merge împotriva curentului. Această valoare putea fi apoi comparată cu viteza luminii care se deplasează în alte direcții, și pe baza valorii respective putea fi calculată viteza Pământului față de eter – care constituia obiectul acestor experimente. În 1887, Michelson și Morley (care în acea vreme lucrau amândoi la Cleveland) au repetat experimentele anterioare ale lui Michelson, obținând același rezultat, și anume *nici o detectare a mișcării Pământului prin eter*.

Dacă nu s-ar lua în considerare teoria eterului, așa cum ar fi trebuit să facă Michelson și Morley și alți oameni de știință, experimentul ar fi demonstrat că viteza luminii este aceeași în toate direcțiile, în orice moment. Adică lumina nu își schimbă viteza în funcție de deplasarea „împotriva curentului” sau „în direcția curentului” prin eterul nonexistent. Folosind tehnologia modernă, principiul constanței vitezei luminii a fost confirmat dincolo de orice îndoială. În 1907, Michelson a devenit primul american care a primit Premiul Nobel pentru Știință, pentru descoperirile sale în

domeniul spectroscopiei și metrologiei (știința măsurătorilor). Cu toate că astăzi opera lui Michelson este considerată o pagină foarte importantă din istoria fizicii, pentru el experimentele au reprezentat un eșec total, deoarece nu a atins obiectivul de a măsura viteza Pământului față de eter.

Einstein determină faptul că viteza luminii este absolută, spre deosebire de timp

Mișcarea sistemelor de referință

O dată demonstrat principiul vitezei constante a luminii, să revenim la relativitatea restrînsă și să ne amintim principala ei semnificație: *trecerea timpului nu este absolută*. Această teorie se referă numai la relația dintre două obiecte, din care unul se deplasează față de celălalt cu viteză mare – adică mișcarea unui obiect în relație cu celălalt –, de unde și numele teoriei. Evident, nu ar exista relativitate într-un univers format dintr-un singur obiect, deoarece nu ar exista nimic *față de care* să fie relativ. Dacă un obiect sau un observator aflat în repaus se mișcă în universul nostru *în raport* cu un alt obiect sau observator care se deplasează cu viteză mare, *mișcarea* celui de-al doilea obiect sau observator *față de primul* determină o diferență a trecerii timpului pentru fiecare observator în parte atunci cînd timpul este măsurat de celălalt observator. Dacă observatorii A și B se află în repaus unul față de celălalt, dar C se deplasează cu viteză mare față de A și B, atunci trecerea timpului pentru C va fi măsurată de către A și B ca fiind mai lentă.

Teoria restrînsă a relativității a apărut în mintea lui Einstein sub formă de idee. Apoi el a conceput demonstrația matematică menită să o susțină. Numeroase experimente din secolul XX au oferit dovezi empirice. Nu ne vom aventura în domeniul matematicii, nici în cel al experimentelor, dar vom dobîndi o înțelegere conceptuală mai clară dacă vom examina figura 8-2 și vom considera A, B și C drept *obiecte sau observatori*, cu A și B într-un sistem de referință – adică o parte a spațiului sau un corp în care A și B sînt stabile și nu se mișcă *unul față de celălalt* –, în timp ce obiectul sau observatorul C este un alt sistem de referință.

Există trei metode de a vedea relațiile dintre A, B și C atunci cînd spațiul dintre perechea A-B crește în relație cu C: (1) C se deplasează față de A-B; (2) A și B se deplasează față de C; sau (3) A-B și C se deplasează *unul față de celălalt*. Vom examina situația (1) – adică A și B se află „în repaus”, iar C se deplasează ca în figura 8-2.

În cadrul capitolului vom folosi acest exemplu drept model, astfel încît să avem un sistem de referință și un punct de vedere coerente, chiar dacă situațiile (2) și (3) sînt la fel de valabile.

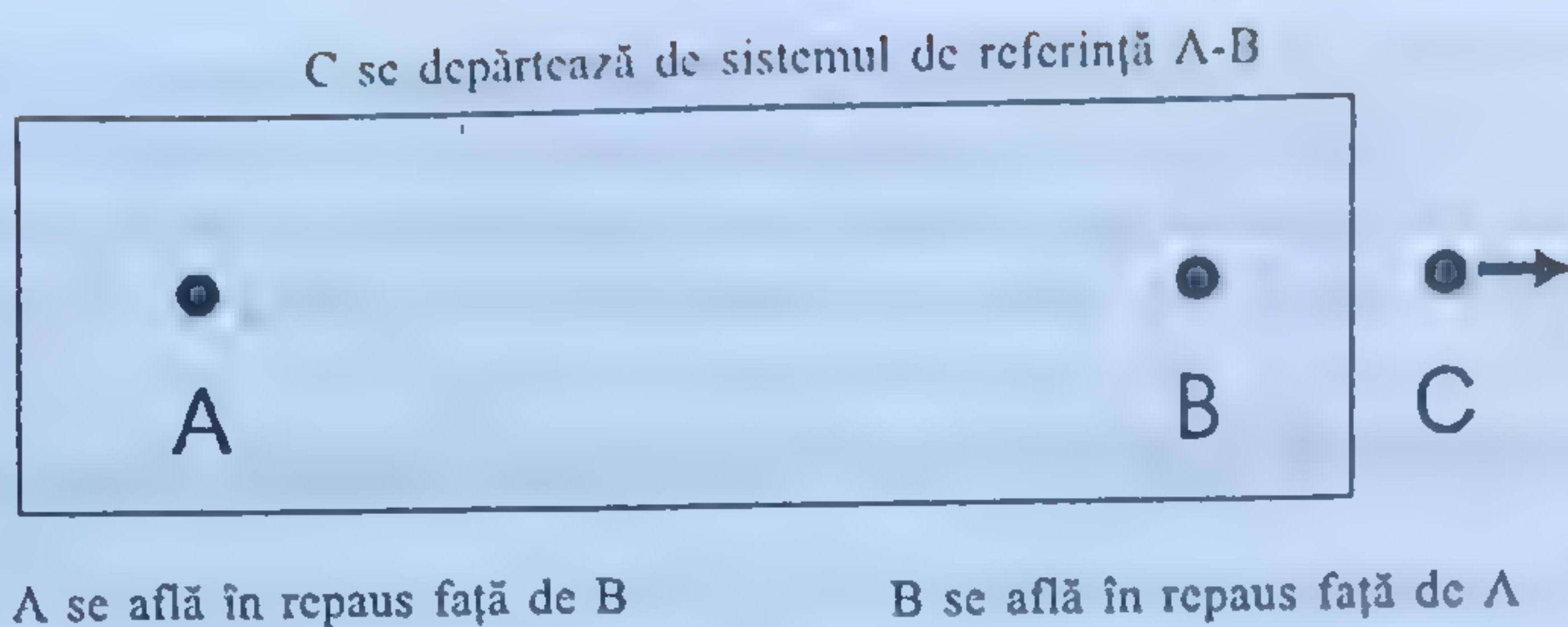


Figura 8-2. Sistemul de referință A-B relativ la C

Lumina care se mișcă între A și B într-unul din sistemele de referință acoperă o anumită distanță într-o anumită perioadă de timp.

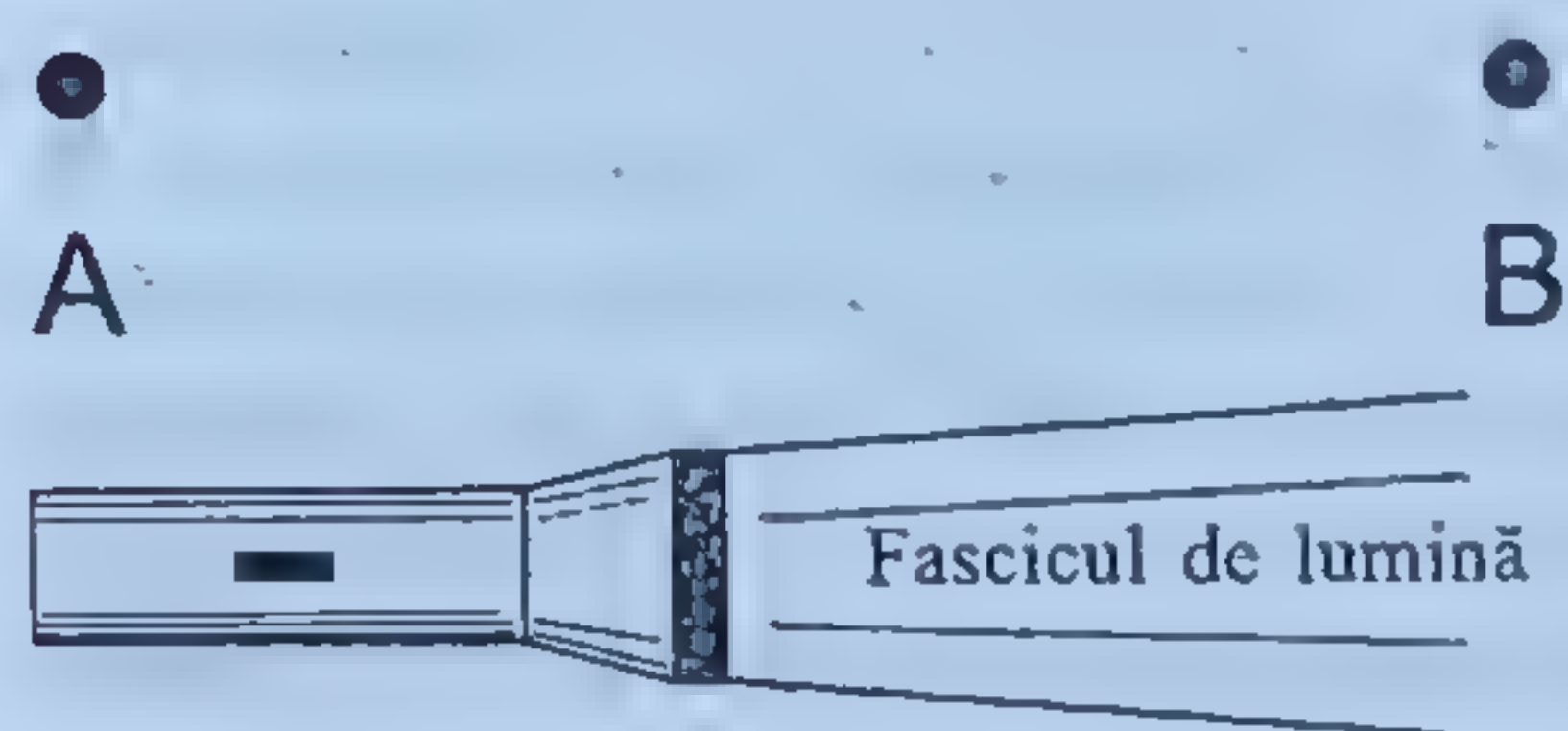


Figura 8-3. Lumina în sistemul de referință A-B

Totuși, ce se întâmplă dacă C se mișcă rapid față de sistemul de referință A-B, așa cum se sugerează în figura 8-2? Deoarece viteza luminii nu se schimbă, indiferent de mișcarea corpului de la care vine lumina, cum vom împăca viteza unei raze de lumină trimisă de A și B (adică în cadrul unui sistem de referință) cu

ceea ce v-ați aștepta să fie o viteză *mai lentă* a luminii emise de sistemul de referință A-B către C, măsurat în sistemul de referință C? Altfel spus, vă așteptați ca aceasta să fie *mai lentă* deoarece, dacă s-ar aplica relativitatea galileeană asupra celor două sisteme de referință care se distanțează rapid, s-ar obține o valoare „netă” a vitezei luminii prin scăderea vitezei de distanțare din viteza luminii.

Dar principiul constanței vitezei luminii este dat, iar noi trebuie să împăcăm *cumva* mișcările relative ale celor două sisteme de referință. Teoria restrânsă a relativității a reușit această reconciliere dovedind că timpul observatorilor din sistemele inerțiale separate este „personal”, adică atîta vreme cît viteza reală a luminii pe o anumită distanță este constantă, elementul timp *nu* trebuie să fie constant. El trebuie să depindă de *relația observatorului față de obiectul în mișcare*. Sîntem cu toții în același sistem de referință cu Pămîntul și ne deplasăm lent – prin urmare, trecerea timpului este invariabilă. Dar dacă ne-am afla în sistemul de referință A-B, iar C s-ar deplasa către noi cu viteza luminii și dacă C ar emite un fascicul de lumină către A-B, lumina *nu* se va deplasa către A-B cu *dublul* vitezei normale (adică 600 000 km/s). Viteza de deplasare și viteza luminii nu pot fi *însumate* deoarece viteza luminii este constantă.

Această teorie poate fi înțeleasă mai departe examinînd și răspunzînd la următoarele trei întrebări:

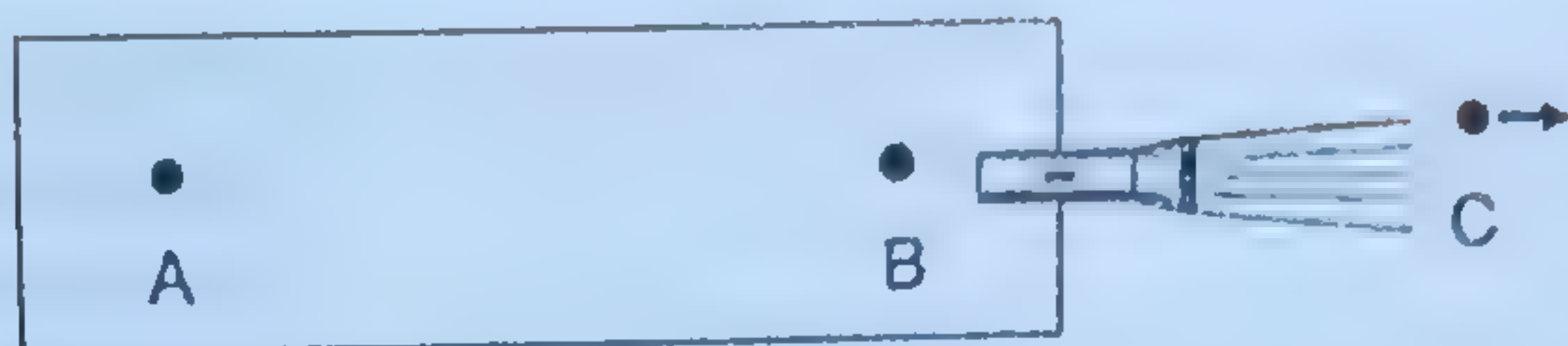


Figura 8-4. Deplasarea luminii de la A-B la C

1. Cît de repede trebuie să te deplasezi înainte ca viteza ta să aibă un impact asupra felului în care trece timpul relativ la cineva aflat „în repaus”? Dacă ar exista un ceas în sistemul de referință A-B, un alt ceas în sistemul de referință C, cît de repede trebuie să se deplaseze C pînă să apară o diferență semnificativă între indicațiile celor două ceasuri, indicații determinate în fiecare dintre sistemele de referință?
2. Cum poate o persoană să vizualizeze și să dobîndească o înțelegere conceptuală clară a acestei noi percepții a timpului?
3. Ce se întîmplă din punct de vedere fizic cu materia atunci cînd se deplasează cu aceste viteze mari?

Răspunsurile la aceste trei întrebări asigură înțelegerea relativității restrînsă pe o bază conceptuală.

Întrebarea numărul 1

Care este relația dintre viteză și timp?

Factorul relativist

În mod remarcabil, teoria lui Einstein va conduce la un rezultat diferit față de relativitatea galileeană pentru viteza persoanei care merge pe culoarul trenului, chiar dacă această diferență infimă va fi extrem de greu de măsurat. Dar dacă avem de-a face cu observatori și obiecte aflate sub observație care se deplasează *unul față de celălalt* cu viteze ce depășesc jumătate din viteza luminii, teoria lui Einstein este singura cale corectă de determinare a rezultatului, după cum reiese din figura 8-5.

Fenomenele pe care le observăm de obicei în viața de toate zilele sînt descrise adecvat de relativitatea galileeană și de fizica newtoniană. Totuși, aceste grafice arată că atunci cînd orice obiect material se apropie de jumătate din viteza luminii efectul este spectaculos, deoarece în asemenea situații apare o creștere mult mai mare și un efect mult mai notabil al vitezei asupra „intervalelor” de timp – adică asupra timpului *dintre* evenimente, cu alte cuvinte, însuși ritmul de trecere a timpului. Spre exemplificare, dilatarea timpului la jumătate din viteza luminii este notată în figura 8-5, evidențiind faptul că dacă un obiect sau un observator (cum ar fi C) se deplasează cu această viteză, intervalele de timp din sistemul de referință C vor fi cu 15 procente mai mici decît intervalele de timp

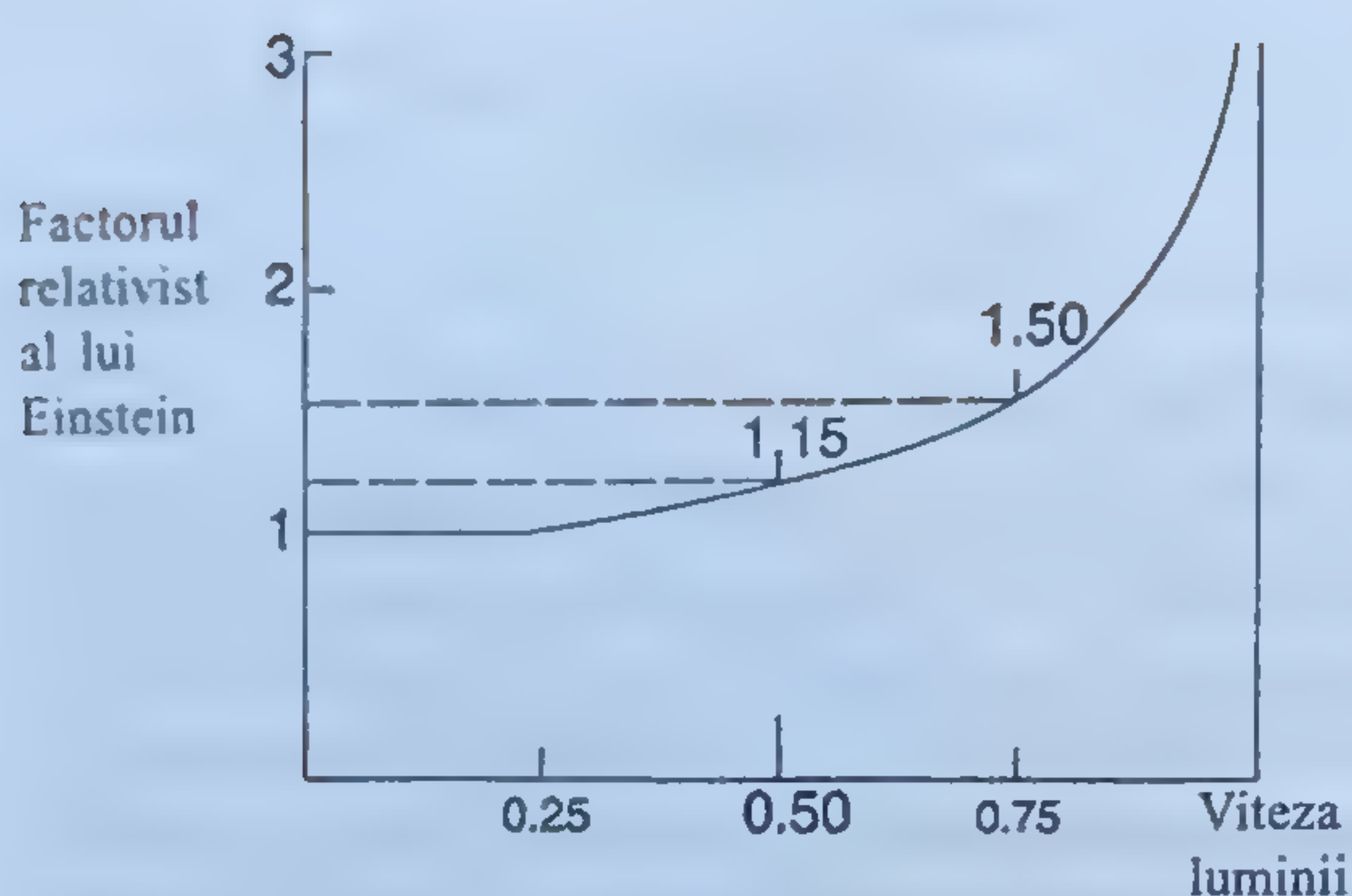


Figura 8-5. Corelația dintre viteză și dilatarea timpului

minute. Acest raport dintre două perioade de timp este calculat prin multiplicarea timpului lui C cu „factorul relativist” al lui Einstein (care este derivat dintr-o ecuație elaborată de el). Viața unui călător prin spațiu va fi astfel mai lungă pentru o persoană de pe Pământ, chiar dacă pentru persoana care călătorește cu jumătate din viteza luminii (și pentru oricare alt însoțitor al acesteia) *nu va părea* diferită, deoarece acesta va fi timpul lor *normal*. Nu există o schimbare de *percepție* a timpului. Este timpul lor *real*. Ceasurile aflate în mișcare funcționează mai lent.

Ideea că timpul poate să se schimbe și că este o funcție dependentă de viteză contravine experienței noastre de zi cu zi. Timpul pare atât de stabil, de constant, atât de „ne-relativ” încât orice încercare de a modifica această stare de lucruri pare greu de acceptat. În fizica newtoniană, *masa*, *dimensiunea* unui obiect fizic și *timpul* erau singurele cantități fundamentale necesare pentru a descrie mișcările mecanice ale unui asemenea obiect. Einstein a adăugat „factorul relativist” și a arătat că atunci când asemenea mișcări se apropie de viteza luminii, timpul care trece în mod *real*, nu teoretic, în sistemul aflat în mișcare va fi mai mic față de timpul real care trece în sistemul de referință aflat *în repaus*.

Scopul *factorului relativist* este să *ajusteze* sau să *corecteze* cele două sisteme temporale. Fără o asemenea ajustare am rămâne cu rezultate ireconciliabile, care nu țin seama de principiul constanței vitezei luminii. Într-adevăr, principiile lui Einstein ar trebui să fie numite mai corect „absolutism” sau „teoria restrînsă a non-relativității”, deoarece el urmărea o *unificare* principială și *înlăturarea* naturii relative a legilor fundamentale ale fizicii newtoniene. Nu el și-a numit principiul „teoria restrînsă a relativității” – acest termen a fost inventat de alții.

Un alt exemplu va ilustra relația dintre viteză și timp și faptul că trecerea timpului nu este absolută. Imaginați-vă un sistem de referință A-B, cu A și B aflate la o distanță mare, dar constantă unul față de celălalt; A îndreaptă o lanternă către B și o aprinde timp de o clipă la

dintre aceleași evenimente măsurate în sistemul A-B, care este un sistem de referință aflat în repaus. Pentru o persoană care se deplasează cu jumătate din viteza luminii, o oră este echivalentă cu o oră și nouă minute pentru o persoană de pe Pământ, deoarece 115 procente din 60 de minute înseamnă 69 de

intervale de două minute, trimițând spre B o rază de lumină *albă*. Prin urmare, B vede începutul fiecăruia dintre fasciculele succesive din două în două minute.

Cîtă vreme A și B se află într-o poziție constantă unul față de celălalt, prima fracțiune a fiecărui fascicul parcurge aceeași perioadă de timp (2 minute) pentru a ajunge la B. Nu știm cît timp îi trebuie *primului* fascicul de lumină ca să se *deplaseze de la A la B*. Poate fi vorba de un

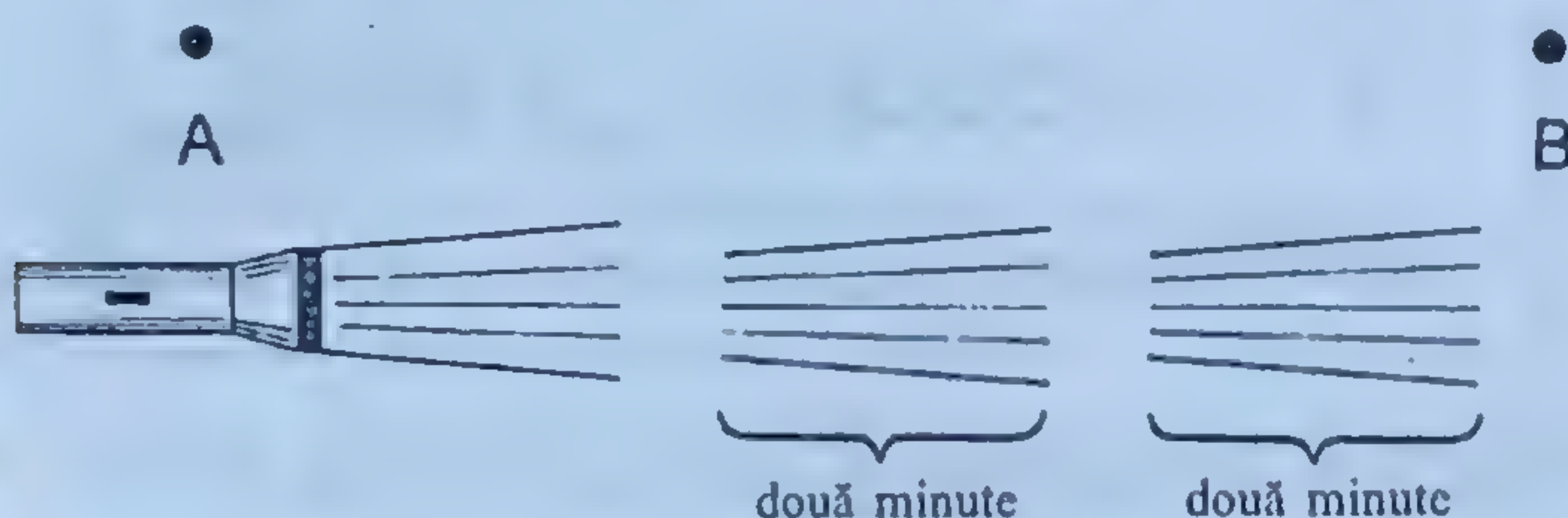


Figura 8-6. Intervale de două minute între fascicule

minut sau de zece ani, însă nu contează, deoarece tot ceea ce ne interesează este *intervalul* de două minute *dintre începutul* unui fascicul și începutul următorului.

Pornind de la acest exemplu, să presupunem că persoana C se deplasează *dinspre* A către B cu o viteză constantă, iar în timp ce se mișcă privește fasciculele trimise de A (vezi figura 8-7). Bineînțeles, fiecare fascicul ajunge la C înainte de a ajunge la B, fiindcă este mai aproape de A și cîtă vreme C se deplasează *dinspre* A – chiar și la o viteză mai mică – se vor scurge mai mult de două minute între fascicule.



Figura 8-7. C se deplasează de la A la B

Cu alte cuvinte, dacă C s-ar fi oprit exact în locul în care se afla atunci cînd primul fascicul l-a ajuns din urmă, al doilea fascicul ar fi venit după două minute – același *interval* ca în cazul fasciculelor emise de A și receptate de B.

Dar întrucît C se depărtează de A, iar fiecare dintre fasciculele succesive trebuie să se deplaseze mai departe decît cel anterior pentru a ajunge la C, al doilea fascicul va avea nevoie de mai mult de două minute pentru a ajunge acolo. Acest lucru se va întîmpla indiferent de principiul de relativitate aplicat, al lui Galilei sau al lui Einstein. Nu fenomenul care are loc între A

și C prezintă interes, ci mai degrabă efectul relativității restrânse dintre C și B, așa cum este descris în continuare.

Adăugați acum aceste presupuneri: viteza lui C reprezintă 75% din viteza luminii, iar C poartă o sursă de lumină și trimite către B o a doua rază de lumină, să spunem *galbenă*, începând exact din momentul în care raza albă trimisă de A ajunge la C (vezi figura 8-8).

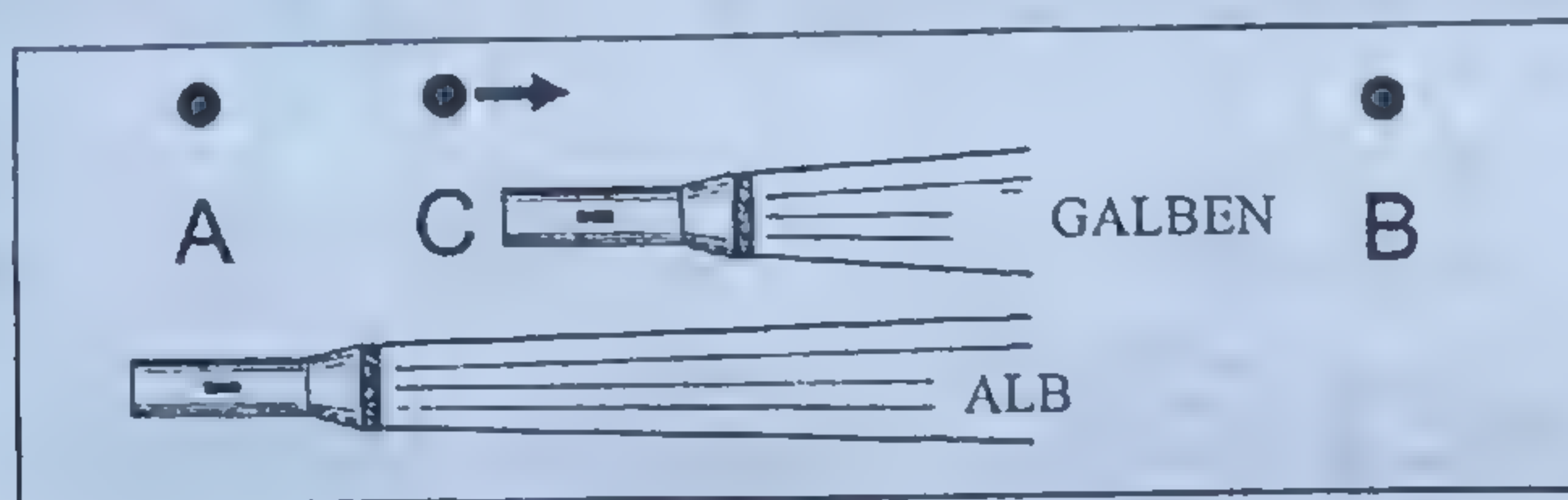


Figura 8-8. C se deplasează de la A la B și trimite un fascicul către B.

Cu toate că C se mișcă, raza lui galbenă va pleca tot cu viteza luminii și se va deplasa spre B cu viteza luminii. Așadar, raza galbenă a lui C va ajunge înainte de raza albă a lui A?

Nu – așa cum am stabilit mai devreme, acest lucru ar fi imposibil. Cele două raze ajung la B *în același timp*, chiar dacă emană de la surse care nu se află în același sistem de referință – raza albă este emisă din A, iar raza galbenă din C.

Aplicând factorul relativist al lui Einstein prezentat în figura 8-5, la 75% din viteza luminii, același interval de două minute pentru A și B va crește cu 50% pentru C. Va fi un interval de *trei minute* pentru C. Cum ar putea două raze să ajungă în același timp la B dacă raza albă trimisă de la A la B ajunge în B la fiecare *două* minute în sistemul de referință A-B, în timp ce razele sau fasciculele galbene (de la C la B) ajung la B la fiecare *trei* minute? Singurul răspuns este acela că „timpul” lui A și B nu este identic cu „timpul” lui C. *Întrucât raza albă și cea galbenă au nevoie de două perioade de timp diferite pentru a acoperi aceeași distanță și pentru a fi explicate unor doi observatori separați, atunci componenta timp nu trebuie să fie constantă.*

Cîtă vreme A și B se află într-o relație constantă (în repaus sau inerțială) unul față de celălalt, intervalele lor de timp vor coincide. Dar percepția lor asupra intervalelor de timp trecute nu va fi niciodată identică cu aceea a unui observator care se deplasează (cu mare viteză) către sau dinspre ele. Aceasta este singura explicație posibilă pentru faptul că B vede raza albă trimisă de A sosind în B în același timp cu raza galbenă din C, chiar dacă raza galbenă a lui C are „avantajul” vitezei *suplimentare* a lui C, care se deplasează către B. Din perspectiva lui B ca receptor al ambelor raze, acestea arată la fel – în clipa în care raza albă atinge și apoi „părăsește” C, raza galbenă se deplasează o dată cu ea. *Ele trebuie să ajungă în B la*

fiecare două minute. Însă din perspectiva lui C razele pleacă de aici la fiecare trei minute. Intervalul de timp a crescut cu 50% în sistemul de referință C. Rata trecerii timpului pentru C este mai lentă decât pentru A și B.

Întorcându-ne pentru o clipă la relativitatea galileeană, dacă în locul razei albe de lumină ar fi fost o *bilă* albă trimisă din A către B, iar C ar fi lansat către B propria sa bilă galbenă chiar în momentul în care bila albă ajungea la C, este de la sine înțeles că viteza lui C va fi folosită pentru a calcula cât de rapid va trebui să fie lansată *bila galbenă* din C ca să poată parcurge distanța rămasă pînă la B în același timp ca și bila albă. Astfel, dacă C ar merge cu 20 km/h, iar bila albă cu 50 km/h, C va trebui să lanseze bila galbenă cu 30 km/h, astfel încît ambele bile să parcurgă „împreună” distanța care a mai rămas pînă la B. Dar să ne aducem aminte că prin relativitatea restrînsă am eliminat din ecuație variabila viteză (viteza luminii este constantă), excluzînd și posibilitatea de a *combina vitezele surselor* de lumină.

Întrebarea numărul 2

Cum poate fi vizualizat conceptul de timp?

Depozite de timp în dolari americani și canadieni

Pentru a conceptualiza dilatarea timpului putem compara cele două sisteme de referință cu rata de schimb valutar dintre două țări diferite. După cum știe orice călător în străinătate, în fiecare zi moneda unei națiuni este egală cu o cantitate fixă din monedele fiecărei alte națiuni din lume. Imaginați-vă că toți oamenii de pe Pămînt aflați „în repaus” (precum A și B) sînt Americani sau Britanici, apoi considerați că C este o persoană care călătorește în spațiu, deplasîndu-se cu jumătate din viteza luminii și că toți călătorii prin spațiu sînt Canadieni. Mai departe presupuneți că toate mărfurile care pot fi cumpărate (inclusiv prețioasa marfă numită timp) sînt prețuite la fel în ambele țări. Cu alte cuvinte, o oră de timp poate fi achiziționată de Americani cu aceeași sumă de dolari americani pe care trebuie să o plătească un Canadian în dolari canadieni. În această situație ipotetică, între cele două țări se aplică următoarele rate de schimb:

- Dolarul american este echivalent cu 0,87 dolari canadieni. Cu alte cuvinte, Canadianul care călătorește prin spațiu nu va avea nevoie decât de 0,87 dolari canadieni pentru a obține un dolar american sau bunuri în valoare de un dolar american.
- Inversînd raportul, A și B, care sînt Americani și Britanici (aflați în repaus la suprafața Pămîntului) vor fi nevoiți să plătească 1,15 dolari americani pentru a achiziționa un dolar canadian sau bunuri în valoare

de un dolar canadian. Cu alte cuvinte, un American va trebui să folosească mai mulți dolari canadieni decât un Canadian pentru a achiziționa aceleași articole.

Această situație poate fi ilustrată în următoarea figură:

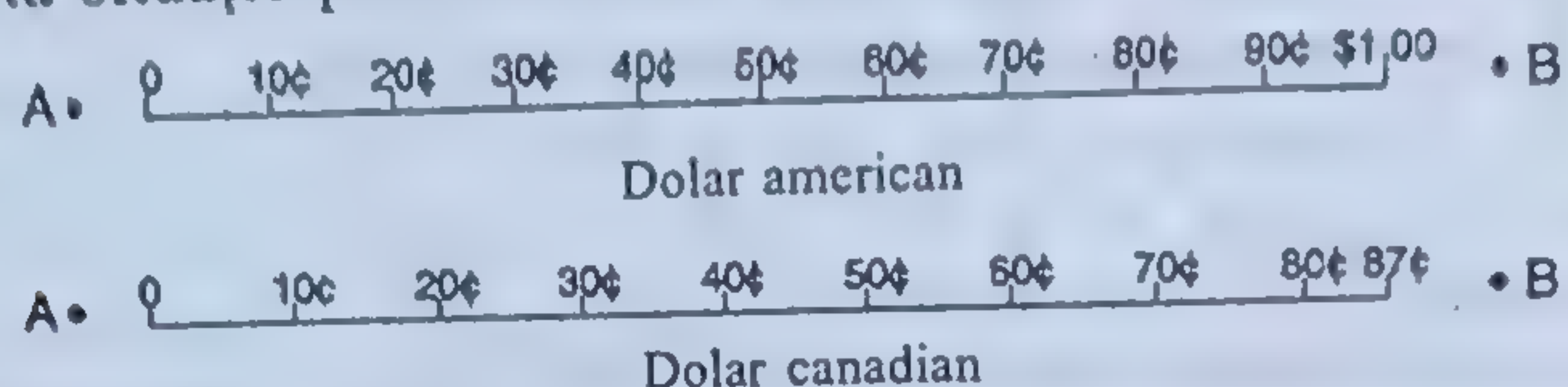


Figura 8-9. Rata de schimb valutar comparată cu dilatarea timpului

Dacă înlocuim dolarii cu conceptul de timp, vedem că C, călătorul prin spațiu, împreună cu alți canadieni, poate să cumpere mai mult „timp” decât A și B, Americanii și Britanicii de pe Pământ – adică acești Canadieni (călători prin spațiu) au o monedă mai valoroasă. Puterea lor de cumpărare este mai mare. Transformând cele 15 procente de bani în 15 procente de timp (115% din 60 de minute înseamnă 69 de minute), lui C îi va lua mai puțin timp (mai puțini dolari) pentru a traversa distanța de la A la B deoarece timpul lui (dolarul lui) valorează mai mult față de cel American sau Britanic. Astfel, în timp ce unui American sau Britanic i-ar trebui cam 100 de ani pentru a traversa distanța dintre A și B, Canadianului i-ar fi de ajuns 87 de ani ca să parcurgă aceeași distanță (măsurată de A sau B), deoarece timpul lui real este încetinit față de timpul real al Americanilor și Britanicilor. La fel cum C va avea nevoie doar de 0,87 dolari pentru a cumpăra un articol de 1 dolar, el va avea nevoie de mai puțin timp (măsurat de orice observator din sistemul de referință A-B) ca să traverseze aceeași distanță.

În consecință, călătorul prin spațiu Canadian „economisește timp” ca și cum ar depune la bancă dolarii economisiți datorită ratei de schimb dintre cele două sisteme de referință (Canada și Statele Unite). Economisind astfel timpul, viața lui C în calitate sa de călător spațial va fi prelungită în raport cu durata vieții lui A și B, care au rămas pe Pământ.

Întrebarea numărul 3

Ce se întâmplă din punct de vedere fizic cu materia la viteze mari?

Observarea orbitelor electronilor

Răspunsul la această întrebare este *nimic*. Totuși, chiar dacă materiei care se deplasează cu asemenea viteze nu i se *întâmplă* nimic, dacă vom examina *caracteristicile ei fizice* atunci când aceasta se mișcă cu viteză mare, conceptul de relativitate devine și mai clar. Vom raporta teoria la aspectele fizice ale materiei în trei moduri diferite:

- a. Corelația dintre toate mișcările și dilatarea timpului, inclusiv mișcarea reală a particulelor subatomice.
- b. „Contractarea” de-a lungul direcției de mișcare a „materiei” care se deplasează cu viteză mare, așa cum este văzută de un observator dintr-un sistem de referință diferit.
- c. Ecuația lui Einstein, $E=mc^2$, care arată că masa unui obiect este echivalentă cu energia.

A. Mișcarea particulelor subatomice

Imaginați-vă orice obiect sau particulă de materie, cum ar fi o navă Canadiană sau un atom de hidrogen al cărui electron se rotește în jurul nucleului cu o viteză dată și vizualizați în continuare un atom de hidrogen identic în sistemul de referință al unei persoane de origine Americană sau Britanică rămasă nemișcată pe Pământ. Dacă fiecare persoană ar avea echipament care să poată observa simultan sau să înregistreze și să măsoare numărul de orbite pe care le parcurge fiecare electron în jurul celor două nuclee de hidrogen într-o anumită perioadă de timp, *numărul specific real de orbite ar fi diferit pentru cei doi electroni*. Observatorii din sistemul de referință A-B aflat în repaus vor ajunge la concluzia că cel care se rotește în jurul atomului de pe nava cosmică este *mai lent* față de electronul care se rotește în jurul atomului de pe Pământ – cu aceeași proporție care poate fi calculată cu ajutorul factorului relativist folosit la întrebarea nr. 1 (corelația dintre viteză și dilatarea timpului), fiind în concordanță cu conceptul de dilatare a timpului discutat la întrebarea nr. 2 (dolarii canadieni/americani). Ambele persoane pot „vedea” această diferență relativă deoarece echipamentele lor vor corespunde în ceea ce privește măsurătorile. Bineînțeles, Einstein nu și-a imaginat această ipoteză, deoarece în anul 1905 structura atomului nu era cunoscută. În orice caz, este o concluzie inevitabilă.

B. Contractarea

Al doilea punct referitor la efectele fizice ale mișcării cu viteză mare este „contractarea” materiei în direcția de mișcare. Așa cum am explicat în partea a II-a, materia se compune din atomi a căror structură este menținută sub această formă de forțele electrice. Potrivit concepției moderne cu privire la structura atomului, electronii vibrează în jurul nucleului mai degrabă în *unde* decât sub formă de particule *distincte*. Fiecare atom are o anumită rază între undele electronilor (sau norii de electroni) și nucleu, care determină la rândul ei distanța specifică dintre atomi. Dacă distanța dintre atomi se schimbă, se modifică și dimensiunea și forma întregului obiect.

Prin urmare, lungimea unei rigle de 30 cm este determinată de razele medii ale atomilor din care este compusă. Pentru un observator care măsoară

rigla ce se deplasează cu o viteză apropiată de viteza luminii (dar nu și pentru o persoană care se deplasează o dată cu rigla), distanța dintre acești atomi (și prin urmare dimensiunea riglei) va apărea *micșorată în direcția de mișcare*. Astfel, uluitor, chiar și forma (inclusiv lungimea) dispozitivelor de măsurare depinde de starea lor de mișcare. Până și distanța *măsurată* între punctele A și B din exemplul de mai sus (figura 8-8), implicând fasciculele de lumină de culoare albă și galbenă, va depinde de sistemul de referință în care s-a măsurat distanța, și anume din A-B, pe de o parte, sau din C, respectiv de către persoana care se deplasează cu viteză mare față de A și B.

Observatorii mișcării relative atribuie valori diferite lungimii și intervalelor de timp dintre două evenimente, fără să considere aceste numere ca fiind absolute. Masa, dimensiunile și intervalele de timp sînt toate afectate atunci cînd sînt măsurate dintr-un sistem de referință aflat în mișcare. Factorul relativist al lui Einstein depinde de viteza unui obiect – iar masa, lungimea și timpul depind de factorul relativist. În conformitate cu teoria lui Newton, nu este nevoie de nici o „corecție”, deoarece masa, lungimea și timpul erau considerate independente față de viteză. Dar în realitate întreaga geometrie a spațiului și rata de trecere a timpului sînt determinate de viteza cu care se mișcă materia prin spațiu. Încă o dată, rata de trecere a timpului nu este un fenomen absolut, fiind înlocuită de rata schimbărilor fizice din univers, comparată între două sisteme de referință care se deplasează cu viteză constantă unul față de celălalt. O asemenea schimbare înseamnă mișcarea limbilor unui ceas, curgerea unui curent de apă sau orice altă mișcare fizică ce poate fi folosită pentru a defini conceptul de „timp”. Aceasta demonstrează prin urmare că relativitatea implică o realitate *fizică*, nu o percepție *mentală*. Ea se aplică indiferent de minte și simțuri.

C. Masa transformată în energie

Pe parcursul elaborării teoriei restrînse, Einstein a descoperit celebra ecuație din istoria științei: $E=mc^2$. Această ecuație dovedește că Einstein a înțeles că masa inertă este pur și simplu energie latentă. Ecuația combină principiile conservării masei cu principiul conservării energiei, așa cum s-a arătat în capitolul 6 în legătură cu descoperirea energiei atomice și realizarea bombei atomice. Lucru niciodată înțeles pînă atunci, masa și energia sînt, pur și simplu, doi termeni ai aceleiași ecuații. Orice masă conține energie și orice energie contribuie la existența masei. Energia sub formă de lumină sau sub forma altor radiații electromagnetice (numite fotoni) nu este materie deoarece nu se compune din atomi, dar pînă și fotonii se comportă ca și cum ar avea masă. Energia asociată chiar și cu o cantitate mică de masă este enormă, așa cum am putut vedea în cazul eliberării forței nucleului atomic.

Masa atomului (adică materia, în general) crește în funcție de factorul relativist atunci când viteza acestuia se apropie de aceea a luminii. Obiectele care se deplasează cu viteză mare au o energie de mișcare (energie cinetică) substanțială, care le conferă această masă suplimentară. Așadar, energia se poate transforma în materie. În timp ce în fizica newtoniană masa era constantă, în teoria relativității ea devine dependentă de viteză – fiind astfel necesară înmulțirea masei cu factorul relativist pentru a obține o valoare corectă a masei care se deplasează cu viteze mari. Cu alte cuvinte, factorul relativist *egalizează* cele două mase și „corectează” relația dintre obiectele comparate. Această diferență *fizică* dintre materia în repaus și materia aflată în mișcare cu viteză mare este explicată de ecuația $E=mc^2$ în combinație cu factorul relativist, fiind o parte din însăși natura materiei. Revenind la dolarii canadieni și americani de la întrebarea nr. 2, „masa” dolarului american este devalorizată în comparație cu „masa” crescută a dolarului canadian.

Teoria generală explică gravitația

Undele gravitaționale deviază lumina

Există o concepție greșită despre teoria generală a relativității, și anume că doar câțiva oameni de pe mapamond o înțeleg, deoarece este greu de priceput. Chiar dacă afirmația a fost valabilă în 1916, atunci când Einstein a definitivat această teorie, în prezent lucrurile s-au schimbat radical. Profesorii de fizică din întreaga lume predau această teorie și revistele de specialitate cuprind mii de articole despre relativitatea generalizată, iar numeroase cărți de popularizare științifică sînt dedicate diferitelor aspecte ale acestui subiect. Totuși, teoria generală a relativității presupune o oarecare familiarizare cu anumite principii de fizică matematică și este mai greu de priceput la nivel conceptual comparativ cu teoria restrînsă. Prin urmare, nu vom face aici decît o prezentare sumară a acestei teorii.

După zece ani de la apariția lucrării despre relativitatea restrînsă din 1905, Einstein a extins această teorie sub forma teoriei generale. El a dat următoarea explicație:

Teoria relativității reunește o construcție constînd din două niveluri diferite, teoria restrînsă și teoria generalizată. Teoria restrînsă, pe care se sprijină teoria generală, se aplică tuturor fenomenelor fizice, cu excepția gravitației; teoria generală vizează și legea gravitației, și relațiile ei cu alte forțe din natură.

Teoria generală extinde explicarea gravitației dincolo de barierele fizicii newtoniene. Newton a arătat că masa unui corp provoacă gravitație și cum

poate fi calculată această forță. Dar Einstein explică *de ce* provoacă materia gravitație. Pentru a înțelege teoria generală trebuie să ne întoarcem la sistemele de referință. Einstein s-a întrebat ce are natura de-a face cu aceste sisteme de referință și respectivele lor stări de mișcare, ajungând la concluzia că legile mișcării trebuie să fie în întregime independente de alegerea sistemului de referință anume folosit pentru a descrie natura. Această idee – cum că legile trebuie să fie total independente de alegerea sistemului de referință – poartă numele de principiul relativității generale.

Preocupat de aspectele unității și simplității principiilor fizice, Einstein a ajuns la această teorie urmărind același obiectiv care l-a condus mai întâi la teoria restrînsă și avînd aceeași motivație care l-a determinat ulterior să încerce să elaboreze teoria cîmpului unificator. Așa cum am subliniat mai devreme în acest capitol, aplicarea teoriei restrînse este limitată la sistemele de referință care se deplasează unul față de celălalt în linie dreaptă, cu o viteză constantă, adică fără accelerație. Pe de altă parte, teoria generală oferă o formulă pentru relația *materiei cu spațiul, deplasîndu-se în orice direcție, cu sau fără accelerație*. Aceasta oferă un principiu unificator și simplificator care (1) modifică principiul constanței vitezei luminii pentru a soluționa problema întîlnirii cu cîmpurile gravitaționale puternice și (2) explică faptul că toate corpurile (indiferent de masă sau compoziție) cad liber într-un cîmp gravitațional cu aceeași accelerație.

Principalele predicții derivate din teoria generală cuprind aceste puncte:

1. Toate radiațiile electromagnetice (inclusiv lumina) sînt deviate de forța gravitațională.
2. Orbita lui Mercur se abate de la orbita calculată cu ajutorul fizicii newtoniene.
3. Un ceas aflat pe suprafața unui obiect masiv va merge mai încet decît un ceas identic aflat în spațiul liber.
4. *Undele* gravitaționale există, radiind cu viteza luminii de la corpurile mai mari care sînt accelerate.

Punctele 1, 2 și 3 au fost demonstrate, în timp ce punctul 4 face obiectul unor intense cercetări în rîndul mării comunități a oamenilor de știință de la universitățile și centrele de cercetare din lumea întreagă. Rezultatul final al teoriei generalizate este o mai mare extindere a fizicii pentru a ține seama de gravitație și de sistemele de referință accelerate, conducînd la concluzia că spațiul este „curbat” și că nu numai spațiul și timpul sînt în legătură, ci întregul univers se explică printr-o combinație a timpului, a spațiului și a *materiei*.

Relativitatea are impact asupra vieții de zi cu zi

Un ajutor în navigație

Oricât de nebuloasă și ezoterică este relativitatea, ea are totuși un impact concret în viața noastră. De exemplu, ecuația lui Einstein, $E=mc^2$, care a rezultat din teoria restrînsă, a deschis calea cercetărilor din domeniul energiei atomice. În plus, relativitatea restrînsă este aplicată în medicina nucleară, o ramură a medicinei care folosește materiale radioactive pentru diagnostic și tratament. Astfel, elementul tehnețiu este utilizat pe scară largă în radiografierea oaselor, investigație menită să evidențieze în ce măsură cancerul a produs metastaze la nivelul oaselor. Cu toate că tehnețiul se găsește în scoarța Pământului în cantități infime (fiind format prin fisiunea spontană a uraniului), el a fost descoperit în 1937, reprezentînd rezultatul unei radiații de înaltă energie a molibdenului într-un accelerator de particule. Construirea acceleratoarelor de particule – și ulterior crearea unor izotopi folosiți în medicina nucleară – implică o înțelegere a principiilor masă-energie ale relativității restrînse.

Legăturile relativității generalizate cu tehnologia modernă sînt ilustrate de folosirea crescîndă a sistemului GPS (Global Positioning System), care este un sistem foarte precis de localizare și navigație bazat pe sateliți, dezvoltat inițial pentru uzul armatei americane. A fost utilizat în anul 1991 în războiul din Golf (Furtună în Deșert) pentru a localiza minele de teren și militarii răătăciți. GPS are acum numeroase aplicații civile reale și potențiale – inclusiv detectarea mișcărilor plăcilor tectonice și identificarea călătorilor pe mare și pe uscat. Mai mult, companiile de electricitate folosesc GPS pentru a localiza întreruperile liniilor de mare tensiune; GPS se utilizează și în aviația civilă, la urmărirea traseelor animalelor migratoare și pentru localizarea epavelor care au fost îngropate de multă vreme pe fundul mărilor. Spre a-și menține precizia, GPS trebuie să încorporeze ajustări ale ceasurilor de pe sateliți (aplicînd relativitatea restrînsă) și ajustări ale pozițiilor sateliților pe baza teoriei generalizate a relativității. Cu peste 50 de producători și cu un număr de 350 de produse în lumea întreagă, constînd în primul rînd din software care utilizează GPS, relativitatea a devenit baza unei adevărate industrii. Se pare că în următorii ani vom fi cu toții semnificativ influențați de GPS, direct sau indirect.

În 1919, la trei ani după ce definitivase teoria generală a relativității, Einstein scria:

Să nu se creadă... că uriașa operă a lui Newton poate fi spulberată de această teorie sau de oricare alta. Ideile lui mărețe își vor păstra pentru totdeauna enorma lor importanță, reprezentînd baza întregii structuri conceptuale moderne din sfera filozofiei naturale.

Einstein a descris cu modestie teoria specială a relativității drept „o simplă dezvoltare sistematică a electrodinamicii lui Maxwell și Lorentz”, care a așezat „ultima cărămidă a mărețului lor edificiu intelectual...”. El a recunoscut, de asemenea, importanța descoperirilor lui Marie Curie și a lui Ernest Rutherford, prin intermediul cărora și-a dat pe deplin seama de energia conținută de materie. Acest lucru l-a condus la formula $E=mc^2$. „Vedem dezintegrarea atomului”, spune Einstein, „acolo unde însăși natura o prezintă, precum în cazul radiului.”

Începînd din 1895, de la vîrsta de șaisprezece ani, momentul în care și-a pus nevinovat întrebarea – „Cum ar arăta lumea dacă aș călători pe o rază de lumină?” și culminînd cu elaborarea, în anul 1916, a teoriei generale a relativității, Einstein a pus laolaltă diversele concepte și teorii ale predecesorilor săi ca pe niște note muzicale discordante, pînă cînd a realizat o adevărată simfonie – o revoluție în domeniul fizicii – care a explodat cu un puternic crescendo, auzit în toată lumea. Prin urmare, la fel ca în cazul lui Newton, Einstein s-a ridicat pe umerii unor giganți și, tot precum Newton, i-a depășit în măreție pe predecesorii săi.

Chiar dacă celebritatea lui Einstein se datorează mai mult relativității, el a fost un autor prolific, preocupat de numeroase subiecte științifice. În cei unsprezece ani dintre cele două lucrări principale dedicate relativității, el a scris 60 de articole pe diverse teme ce abordează fotochimia, statistica cuantică a gazelor, termodinamica, optica, fizica moleculară, electro-magnetismul, istoria și filozofia științei. Între 1915 și 1930, lucrările sale referitoare la teoria cuantică au avut un puternic impact în lumea științei. În total, lucrările științifice ale lui Einstein au însumat aproape 350 de publicații.

În ziua de 18 aprilie a anului 1955, după o viață în care a adus două dintre cele mai însemnate contribuții la fizica secolului XX, o viață împletită cu ridicarea și căderea Germaniei, formarea statului Israel și crearea bombei atomice, Albert Einstein a murit în somn la spitalul Princeton. Odată, vorbind despre cele două pasiuni care i-au dominat existența, el a spus: „Politica este pentru clipa de față. O ecuație este pentru eternitate.”

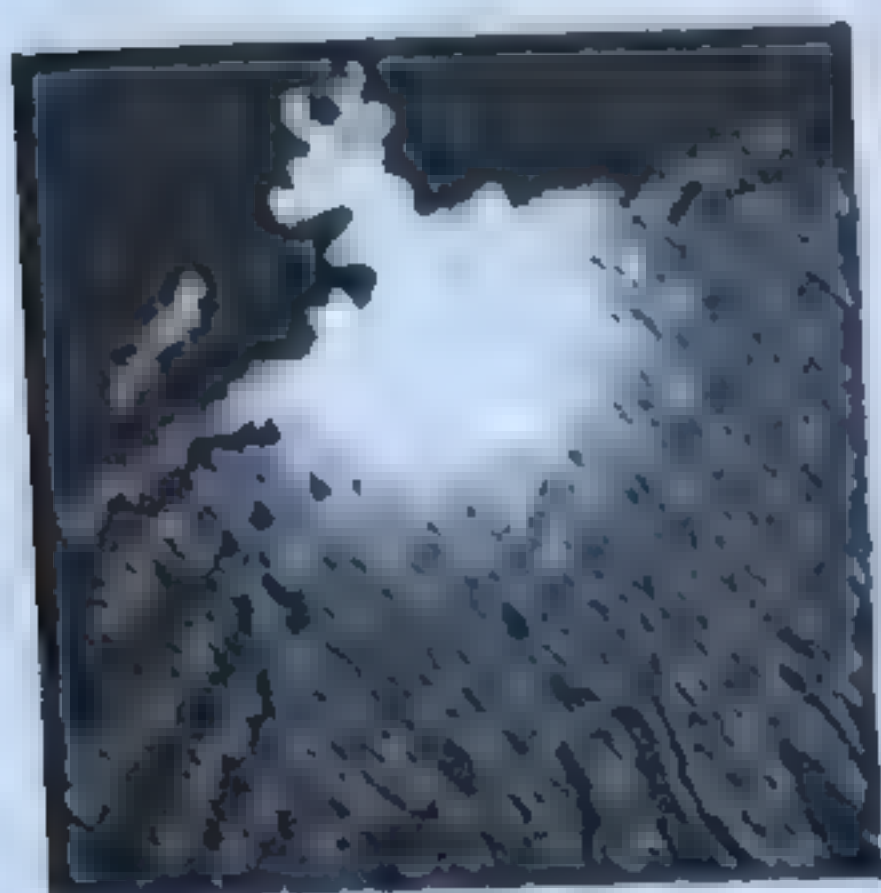
Einstein a descris cu modestie teoria specială a relativității drept „o simplă dezvoltare sistematică a electrodinamicii lui Maxwell și Lorentz“, care a așezat „ultima cărămidă a mărețului lor edificiu intelectual...“. El a recunoscut, de asemenea, importanța descoperirilor lui Marie Curie și a lui Ernest Rutherford, prin intermediul cărora și-a dat pe deplin seama de energia conținută de materie. Acest lucru l-a condus la formula $E=mc^2$. „Vedem dezintegrarea atomului“, spune Einstein, „acolo unde însăși natura o prezintă, precum în cazul radiului.“

Începând din 1895, de la vârsta de șaisprezece ani, momentul în care și-a pus nevinovat întrebarea – „Cum ar arăta lumea dacă aș călători pe o rază de lumină?“ și culminând cu elaborarea, în anul 1916, a teoriei generale a relativității, Einstein a pus laolaltă diversele concepte și teorii ale predecesorilor săi ca pe niște note muzicale discordante, pînă cînd a realizat o adevărată simfonie – o revoluție în domeniul fizicii – care a explodat cu un puternic crescendo, auzit în toată lumea. Prin urmare, la fel ca în cazul lui Newton, Einstein s-a ridicat pe umerii unor giganti și, tot precum Newton, i-a depășit în măreție pe predecesorii săi.

Chiar dacă celebritatea lui Einstein se datorează mai mult relativității, el a fost un autor prolific, preocupat de numeroase subiecte științifice. În cei unsprezece ani dintre cele două lucrări principale dedicate relativității, el a scris 60 de articole pe diverse teme ce abordează fotochimia, statistica cuantică a gazelor, termodinamica, optica, fizica moleculară, electromagnetismul, istoria și filozofia științei. Între 1915 și 1930, lucrările sale referitoare la teoria cuantică au avut un puternic impact în lumea științei. În total, lucrările științifice ale lui Einstein au însumat aproape 350 de publicații.

În ziua de 18 aprilie a anului 1955, după o viață în care a adus două dintre cele mai însemnate contribuții la fizica secolului XX, o viață împlinită cu ridicarea și căderea Germaniei, formarea statului Israel și crearea bombei atomice, Albert Einstein a murit în somn la spitalul Princeton. Odată, vorbind despre cele două pasiuni care i-au dominat existența, el a spus: „Politica este pentru clipa de față. O ecuație este pentru eternitate.“

Partea a IV-a



Big Bang-ul și formarea universului

Observațiile efectuate de Galilei începând din 1610 ne-au oferit doar o noțiune vagă despre imensitatea spațiului cosmic. Povestea s-a dezvăluit în întregime abia în secolul XX, când telescoapele gigantice și alte echipamente ne-au permis să vizualizăm adevărata dimensiune și natură a galaxiei care înglobează Pământul, iar apoi să vedem galaxiile de dincolo de aceasta.

Sistemul nostru solar este situat la marginea unei imense galaxii rotitoare – Calea Lactee – și se deplasează în raport cu centrul acesteia cu o viteză de 225 kilometri la oră. O revoluție a acestei grupări alcătuite din trei sute de miliarde de stele durează 230 de milioane de ani. Galaxia Calea Lactee este doar una dintre miliardele de galaxii care au rezultat în urma unei explozii gigantice numite Big Bang, care continuă să-și manifeste efectele și astăzi în spectrele de lumină ale galaxiilor îndepărtate și în radiația cosmică actuală, care a rămas măsurabilă în întreg universul. Prin măsurarea vitezei de recesiune a galaxiilor, am fost în măsură să calculăm că întregul univers a apărut în urmă cu aproximativ cincisprezece milioane de ani – e vorba nu numai de formarea și mișcarea galaxiilor, dar și de crearea spațio-timpului însuși.

Printr-o înțelegere amănunțită a particulelor elementare care alcătuiesc atomii și prin studierea cosmosului, am reușit să determinăm condițiile care existau imediat după explozie și evenimentele care au derivat ulterior din aceasta. Unul dintre rezultate a fost formarea elementelor care intră în compoziția Pământului și a

vietăților care îl locuiesc. Putem să privim astfel în urmă și să vedem geneza universului fizic și a vieții pe această planetă.

Două întrebări de importanță capitală rămân valabile: De unde provenea „materialul” care a explodat în Big Bang? Care va fi soarta finală a universului.

Partea a IV-a abordează problema descoperirii Big Bang-ului și a implicațiilor acesteia, trecînd în revistă răspunsurile posibile la aceste două întrebări monumentale.

vietăților care îl locuiesc. Putem să privim astfel în urmă și să vedem geneza universului fizic și a vieții pe această planetă.

Două întrebări de importanță capitală rămân valabile: De unde provenea „materialul” care a explodat în Big Bang? Care va fi soarta finală a universului.

Partea a IV-a abordează problema descoperirii Big Bang-ului și a implicațiilor acesteia, trecînd în revistă răspunsurile posibile la aceste două întrebări monumentale.

Capitolul 9

Oul cosmic

„Am observat natura și materia care intră în componența Căii Lactee. Cu ajutorul telescopului, aceasta a fost cercetată atât de direct și cu atîta precizie oculară încît toate disputele care i-au contrariat pe filozofi de-a lungul atîtor epoci au fost rezolvate... Galaxia nu este, de fapt, decît un ansamblu de nenumărate stele grupate în roiuri... Dar, lucru și mai remarcabil, stelele numite de către astronomii de pînă acum „nebuloase“ s-au dovedit a fi grupuri de stele foarte mici... În nebuloasa numită Capul lui Orion am numărat 21 de stele. Nebuloasa numită Precipe... este o grămadă formată din peste 40 de stelute...”

GALILEO GALILEI
Mesagerul stelar (1610)

În partea nevăzută a Big Bang-ului plutește un mister atât de profund încît fizica nu dispune nici măcar de cuvintele potrivite pentru a-l descrie... Universul consta... probabil dintr-o singură particulă care a interacționat cu ea însăși în acel spațiu infim, terifiant. În timpul exploziei... fiecare bucată de materie a fost izbită brutal de celelalte, într-un spațiu mai mic decît nucleul unui atom.”

ROBERT CREASE ȘI CHARLES MANN
A doua Făcere a Lumii (1986)

Priviți cerul. Noaptea pot fi văzute cu ochiul liber aproape cinci mii de stele. Pînă în urmă cu cîteva secole, acesta părea să fie întregul univers – același număr de stele fixe răspîndite uniform într-un spațiu finit. Cu excepția unor nove, precum cea pe care a observat-o Tycho Brahe în 1572, universul de stele din jurul sistemului nostru solar era aproape la fel cu cel descris de Aristotel în urmă cu peste 2000 de ani. Dar, așa cum am văzut în capitolul 2, în 1609 Galilei a perfecționat telescopul și a început să studieze grupul de constelații care includea Orion, Perseus, Casiopeea, Cygnus, Aquila, Sagitarius, Centaurus și Carina. Această fișie de cer, asemănată de vechii greci cu un rîu de lapte din cauza aspectului său de nor luminos, a fost numită mai tîrziu Calea Lactee. Galilei a văzut că această Cale Lactee nu era în nici un caz compusă din „nori“. Era o imensă grupare de stele. Astfel a început revoluția Renașterii, dincolo de teoria lui Copernic și dincolo de sistemul solar, către cerul înstelat. Cîteva

secole mai târziu, această revoluție a revelat ceea ce există în cer, dezvăluind totodată modelul și povestea extraordinar de complexă pe care nimeni nu ar fi putut să și-o imagineze vreodată – o poveste care ne spune cum a ajuns Cerul să devină Soare, Pământ, planete, stele și materia din care a fost creată viața.

Astronomii descoperă Galaxia și locul omenirii în cadrul acesteia

Înăuntrul și în afara brațelor spiralei

În anul 1781, astronomul autodidact britanic Sir William Frederick Herschel (1738–1822) a descoperit planeta Uranus, prima planetă descoperită din vremuri preistorice. Apoi, în 1785, după ce a catalogat cu grijă pozițiile a mii de stele, Herschel a fost primul care a sugerat că sistemul nostru solar este de fapt o parte a unui sistem mai mare format din cel puțin câteva milioane de stele și că acesta are forma unui „disc subțire cu întindere aproape infinită”. După mai bine de 20 de ani de observații sistematice cu cele mai puternice telescoape existente, pe care le construise singur, Herschel a catalogat în Calea Lactee 2500 de grupuri de stele.

Calitatea telescoapelor a continuat să se îmbunătățească spectaculos în secolul al XIX-lea, ajutându-i pe astronomi să vadă milioane de stele neobservate pînă atunci și să perfecționeze sistemul de măsurare a distanței la care se aflau stelele de Pământ, ceea ce a dus la descoperirea celei de-a opta planete, Neptun, în 1845. În primele decenii ale secolului XX, pe baza cercetărilor efectuate de Harlow Shapley (1885–1972) și Robert J. Trumpler (1886–1956), s-a ajuns la înțelegerea modernă a Galaxiei Calea Lactee. Opera lor demonstrează că sistemul nostru solar se găsește într-un braț al spiralei, aproape de marginea acestui gigantic sistem de stele aflat în rotație, care măsoară aproximativ 100 000 de ani-lumină (vezi figura 9-1). Centrul galaxiei este localizat la aproximativ 27 000 de ani-lumină de noi. *Altfel spus, dacă vom călători cu 300 000 de kilometri pe secundă (străbătînd anual o distanță de aproximativ 94 de sute de miliarde de kilometri), vom avea nevoie de 27 000 de ani pentru a ajunge de la Pământ la centrul Căii Lactee.*

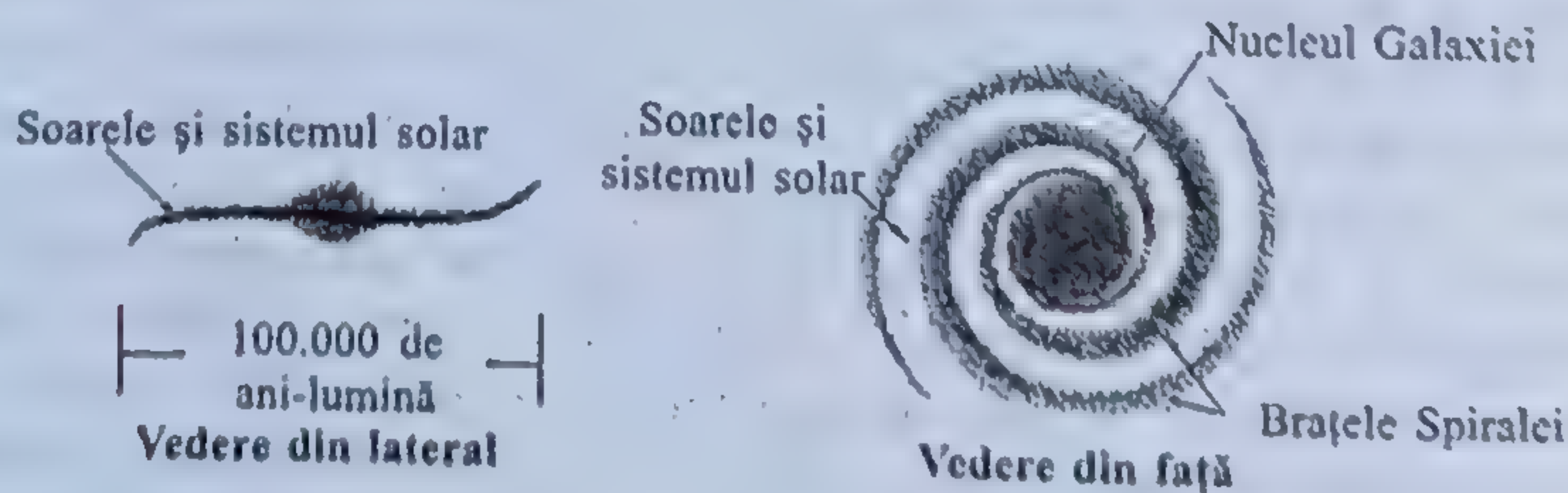


Figura 9-1. Galaxia Calea Lactee

Pe măsură ce astronomii întocmeau harta cerului, și-au dat seama de incredibila imensitate spațială în care ne aflăm și de faptul că aproximarea lui William Herschel a numărului de stele din Calea Lactee la câteva milioane era o subestimare grosolană. Am văzut că numai în această galaxie există aproximativ 300 de miliarde de stele. Noi ne aflăm în preajma uneia dintre ele. Soarele nostru se găsește la o distanță de 150 de milioane de kilometri de Pământ. Deși este doar o stea de mărime medie, ea reprezintă 99% din masa totală a sistemului solar. Acest sistem planetar, la care se adaugă alte forme de materie ce se rotesc în jurul Soarelui (comete, asteroizi, praf, gaz și alte resturi cosmice) este localizat într-unul din brațele spiralei și se deplasează pe o orbită în jurul centrului acestui gigantic grup de stele care conține 300 de miliarde de stele. Cea mai apropiată stea de sistemul nostru solar se numește Proxima Centauri și este localizată la aproximativ patru ani-lumină (37 de mii de miliarde de kilometri), în același braț al spiralei. Galaxia conține de asemenea imenși nori de praf și de hidrogen pe care astronomii se străduiesc în continuare să-i detecteze și să-i măsoare. Această materie se întinde mult dincolo de stelele vizibile, iar dacă ar fi considerate ca făcând parte din Calea Lactee, galaxia ar avea un diametru de circa 500 000 de ani-lumină (în loc de 100 000).

Sistemul nostru solar și aria acestui braț al spiralei se deplasează cu o viteză de 225 de kilometri pe secundă, adică 800 000 de kilometri pe oră față de centrul galaxiei. O revoluție durează aproape 230 de milioane de ani. Soarele a efectuat douăzeci de revoluții în jurul centrului acestei imense galaxii. Dacă ar fi să privim această rotație de la distanță și să o derulăm cu rapiditate, am vedea galaxia trecând prin diverse stadii ale masivei mișcări de revoluție. La fel cum planetele mai depărtate de Soare se mișcă mai încet decât Pământul, Venus, Marte și Mercur, zonele din exteriorul Căii Lactee se rotesc din ce în ce mai încet.

Astronomii descoperă alte o sută de miliarde de galaxii

Mesagerul stelar revizuit

Oare acest roi imens și rotitor de stele reprezintă întregul univers? Această grupare de sfere de hidrogen și heliu incandescent, împreună cu Pământul, cu planetele și alte asemenea obiecte pustii sau care găzduiesc viață reprezintă oare întreaga existență? Tot spațiul infinit?

În anul 964 d.Hr., astronomul arab al-Sufi scria *Cartea Stelelor Fixe*, fiind primul care a observat un mic obiect ceresc asemănător unei stele neclare. În anul 1612, astronomul german Simon Marius (1573–1624), folosind nou-inventatul telescop, a redescoperit această zonă neclară din spațiu, spunând că arată ca „lumina unei lumînări privită printr-un corn”. Aceasta va fi numită Nebuloasa Andromeda, despre care se credea că este

un nor luminos de gaze și praf din Calea Lactee. În poseda îmbunătățirilor ulterioare aduse telescopului, stelele individuale din Nebuloasa Andromeda nu au fost vizibile pînă în 1885, cînd în Andromeda a apărut, timp de cîteva zile, o novă. Aceasta indica faptul că Andromeda era mai mult decît o aglomerare de praf și gaz – la început se credea că este un *roi de stele* aflat la marginea Căii Lactee.

Astronomul american Edwin Powell Hubble (1889–1953), fondatorul astronomiei extragalactice, cel care va da numele Telescopului Spațial Hubble inaugurat în 1989, a făcut muncă de pionierat în cercetarea Andromedei. După obținerea licențelor în matematică și astronomie în 1910 la Universitatea din Chicago, el a studiat Dreptul la Oxford (cu o bursă Rhodes), începînd să practice avocatura în Kentucky, în 1913. Plictisit de această profesie, Hubble a schimbat încă o dată direcția, la fel de abrupt, obținînd doctoratul în astronomie la Universitatea din Chicago în 1917. Mai tîrziu va lucra la Observatorul Mount Wilson din California, unde noile telescoape de 250 de centimetri îi vor da în sfîrșit posibilitatea să vadă numărul imens de stele individuale din Andromeda.

În urma activității desfășurate la Mount Wilson, Hubble a ajuns la concluzia că Andromeda nu era formată doar din gaze, praf și cîteva nove, ci din stele, din miliarde de stele. Lucru și mai uimitor, aceasta nu se afla



Figura 9-2. Galaxia Andromeda

în Calea Lactee, ci undeva departe, mult în afara acestei galaxii. După anul 1923, Hubble a stabilit că Andromeda este, la rîndul ei, o galaxie diferită de Calea Lactee, o galaxie independentă sub formă de spirală, cu un diametru de aproximativ 200 000 de ani-lumină, aflîndu-se la aproximativ *două milioane de ani-lumină* de Calea Lactee. Cea mai *apropiată* mare galaxie, Andromeda, este cel mai depărtat *obiect ceresc* pe care îl putem vedea cu ochiul liber. Figura 9-2 este o fotografie a Andromedei și a celor două galaxii vecine (numite NGC 205 și M32), fotografie realizată cu un telescop de 120 de centimetri.

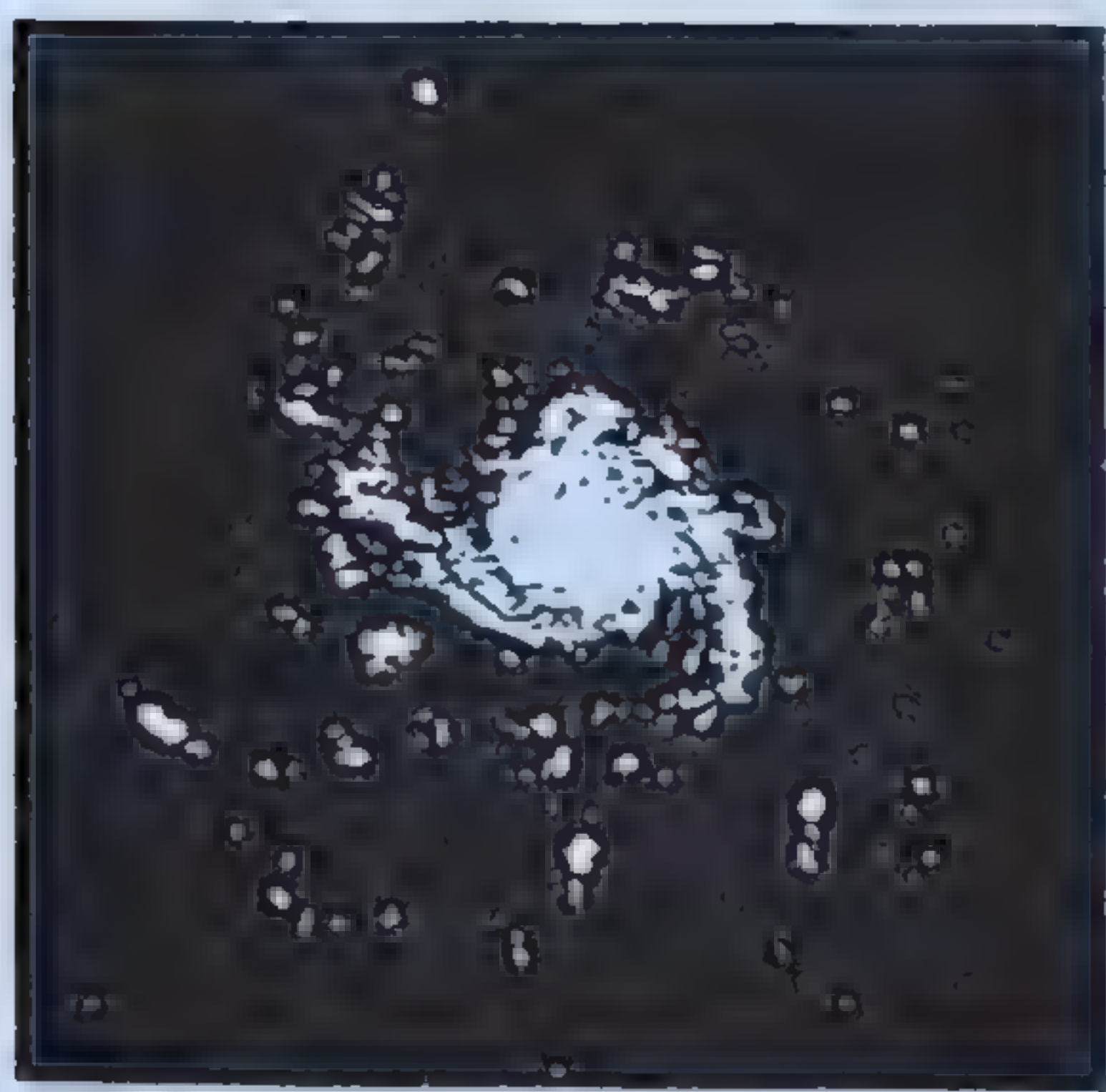
Mai departe, Hubble a determinat faptul că alte mii de „nebuloase” sînt de asemenea galaxii, aproape în același fel în care Galilei scrisese despre nebuloasa Cale Lactee în urmă cu peste trei sute de ani. Prin urmare, harta universului și concepția omenirii despre locul nostru în univers trebuia să fie încă o dată reînnoite. Începînd cu anul 1925, astronomii au descoperit că există aproximativ 100 de miliarde de galaxii

separate în universul observabil, conținând fiecare o medie de aproximativ 100 de miliarde de stele. Cea mai depărtată galaxie față de Pământ pe care o cunoaștem, 4C41.17, se află la aproximativ 15 miliarde ani-lumină. Cea mai mare galaxie descoperită pînă în prezent, numită „Abell 2029“, este de aproape 60 de ori mai mare decît Calea Lactee, avînd peste 100 000 de miliarde de stele și un diametru de 6 milioane de ani-lumină. La fel ca Galaxia Calea Lactee, majoritatea acestor grupuri de stele au forma unor vîrtejuri de lumină, structuri discoidale cu brațe spiralate. Aproximativ 90% din totalul galaxiilor din univers pot fi clasificate într-una din cele trei categorii principale prezentate în figura 9-3: eliptică, spirală sau spirală barată. Există galaxii independente, perechi de galaxii și galaxii mari avînd galaxii mai mici drept sateliți. Majoritatea galaxiilor fac parte din roiuri de galaxii, cu o medie de 100 de galaxii într-un roi. În constelația Coma Berenices există un roi de aproape 10 000 de galaxii individuale. Calea Lactee face parte dintr-un grup de 20 de galaxii. Roiurile sînt distribuite în spațiu în grupuri care formează un model în general uniform sau omogen, cu o medie de aproximativ 10 milioane de ani-lumină între fiecare dintre aceste grupuri.

Hubble calculează viteza de recesie a galaxiilor în timp ce universul se extinde impetuos

Sirius și deplasarea spre roșu

Spre sfîrșitul secolului al XIX-lea, astronomii și fizicienii au elaborat o metodă de determinare a mișcării stelelor și a altor corpuri cerești prin măsurarea spectrului luminii emise de asemenea corpuri, așa cum o



Galaxia spirală Messier 101
localizată în constelația Ursa Major (Carul
Mare)



Eliptică



Spirală



Spirală barată

Schema lui Hubble de clasificare a galaxiilor

Figura 9-3. Forme de galaxii

percepem aici, pe Pământ. Astronomul englez William Huggins (1824–1910) și fizicianul francez Armand-Hippolyte-Louis Fizeau (1819–1986) au descoperit că anumite linii spectrale ale unor stele mai luminoase sînt „deplasate” ușor către roșu față de poziția lor normală în spectrul de lumină. Ei au tras concluzia corectă că acest fenomen este similar celui aplicat undelor sonore, numit efectul Doppler (după fizicianul austriac Christian Doppler). Efectul Doppler explică fenomenul de „comprimare” a undelor sonore atunci cînd sursa sonoră (cum ar fi șuieratul unei locomotive sau sirena unei ambulante) se apropie de observator (care aude un sunet din ce în ce mai înalt) și de „expansiune” a undelor acustice atunci cînd sursa se îndepărtează de observator (care aude un sunet din ce în ce mai grav). Cu toate că lumina este alcătuită din fotoni, iar sunetul rezultă din vibrația aerului, cele două tipuri de unde sînt similare, în sensul că amîndouă au lungimi de undă care pot fi măsurate. *Deplasarea unei unde de lumină către roșu (o frecvență mai joasă sau o lungime de undă mai mare) apare datorită faptului că steaua se depărtează față de observatorul de pe Pământ.* În 1869, Huggins a determinat faptul că Sirius (cea mai strălucitoare stea de pe cerul emisferei nordice) se depărtează de Pământ cu aproape 32 de kilometri pe secundă.

Edwin Hubble a folosit această informație despre deplasarea spectrului luminii și a făcut a doua sa remarcabilă descoperire, care se va dovedi una dintre cele mai mari descoperiri din domeniul astronomiei secolului XX. În 1927, pe baza cercetărilor anterioare asupra spectrului luminii, coroborate cu noul și puternicul telescop de la Mount Wilson, Hubble a descoperit că deplasarea spre roșu a spectrului galaxiilor aflate în recesiune crește proporțional cu distanța față de noi. Cu alte cuvinte, universul își mărește volumul, iar cele mai depărtate stele se deplasează cu maximum de viteză. Rata expansiunii universului este reprezentată de calculul care poartă acum numele de constanta lui Hubble: *viteza de recesie este egală cu distanța împărțită cu un factor de timp de aproape 15 miliarde de ani. Fiecare roi de galaxii (dar nu neapărat orice galaxie) se depărtează de orice alt roi de galaxii într-un mod precipitat, cu o viteză care variază în funcție de constanta lui Hubble, galaxiile mai depărtate deplasîndu-se cu o viteză sporită.* Ultimele calcule ale constantei lui Hubble demonstrează că galaxiile au un ritm de expansiune cuprins între 16 și 32 km/s pentru fiecare milion de ani-lumină distanță față de Pământ. De exemplu, constelația Ursa Mare II se depărtează cu 41 730 km/s, adică 14% din viteza luminii. În zonele extreme ale universului s-a determinat că galaxiile se depărtează cu pînă la 84% din viteza luminii.

Expansiunea descoperită de Hubble se referă la spațiul *dintre* roiurile de galaxii, nu la cel din *interiorul* roiului de galaxii. Galaxiile și roiurile de galaxii sînt unite prin forța gravitației și nu își măresc volumul. Astfel, Galaxia Andromeda și Calea Lactee, care fac parte dintr-un anumit roi în

care galaxiile sînt atrase gravitațional, în realitate se deplasează una *către* cealaltă și se vor ciocni sau se vor contopi peste cîteva sute de milioane de ani. Totuși, în univers are loc în general o mișcare de expansiune rapidă. Așa cum vom arăta în paginile următoare, există o legătură inevitabilă între această expansiune și însăși creația universului.

Inversînd modalitatea de calcul a expansiunii universului, ajungem la Oul Cosmic, la Big Bang și Creație

Momentul zero la o sută de mii de miliarde de grade

Pînă în secolul XX, teoriile despre începutul timpului legau creația omului și a tuturor viețuitoarelor de formarea universului. Episcopul irlandez James Ussher (1581–1656) a scris o cronologie a Vechiului Testament în care a inclus toate generațiile de bărbați și femei menționate în Biblie, pînă la Adam și Eva, datînd Creația în anul 4004 î.Hr., *la ora 2:30 p.m., duminică, 23 octombrie!!!* Se spune că cineva l-a întreat pe episcop: „Sfinte părinte, spune-mi, rogu-te, ce făcea Dumnezeu *înainte* de a crea Universul?“, la care Ussher ar fi ripostat impacientat: „Crea iadul pentru cei care pun asemenea întrebări!“

Înțelegerea recesiei galaxiilor prin prisma astrofizicii secolului XX ne-a permis să reconstituim adevărata creație a universului, depășind cele mai sumbre așteptări ale episcopului Ussher. Dacă ne imaginăm expansiunea universului derulată invers și calculăm mișcarea respectivă, toate galaxiile se vor întîlni simultan într-un singur punct. Acesta este numit „moment-zero“, fiind considerat începutul universului. Cu toate că încă mai există unele întrebări, majoritatea experților sînt de acord că momentul zero s-a produs în urmă cu aproximativ 15 miliarde de ani.

„A fost o vreme cînd timpul nu exista“, scria John Barrow în *Originea Universului*. Ce s-a întîmplat la momentul zero și după aceea pentru a ne aduce unde sîntem în ziua de azi? În 1927, după ce a aflat de descoperirea de către Hubble a fenomenului expansiunii universului, astronomul belgian Georges Eduard Lemaitre (1894–1966) a propus teoria care acum este general acceptată de astronomi și de alți experți în materie. La momentul zero, a spus el, toată materia se afla într-o masă minuscule pe care el a numit-o „super-atom“ sau „oul cosmic“. Nu exista nimic altceva, nici galaxii, nici planete, nici stele, nici viață. Într-adevăr, elementele nu existau, deoarece oul cosmic era compus numai din energie, materia neexistînd nici măcar sub formă de nuclee sau atomi. Fără materie, nu exista nici timp. Oul cosmic a fost subiectul propriei sale atracții gravitaționale, contractîndu-se și devenind din ce în ce mai compact, creînd temperaturi din ce în ce mai mari și fiind comprimat într-un volum din ce în ce mai

mic. La data aceea, întregul univers era un „nucleu“ de energie. La un moment dat, cînd temperatura a ajuns la o valoare extrem de mare la cel mai mic volum posibil, a avut loc o imensă explozie, iar acest nucleu unic de energie a devenit tot ceea ce există acum pe lume. Lemaitre a afirmat că recesia galaxiilor este dovada vizibilă a acestei explozii. Teoria sa explica de asemenea recesia galaxiilor în cadrul teoriei generale a relativității a lui Einstein.

Această explozie este cel mai îndepărtat eveniment despre care există unele informații. Teoria a fost ulterior perfecționată și modificată de George Gamow (fizicianul de origine rusă care a promovat „modelul picătură“ al nucleului atomic, discutat în capitolul 6), fiind publicată în 1948 într-o lucrare intitulată *Originea elementelor chimice*. Autorul postulează că elementele s-au format din nuclee de atomi constituite prin captarea succesivă a neutronilor, lansînd pentru prima oară termenul „big bang“. Teoria „Big Bang“-ului a fost apoi popularizată în 1950 de astrofizicianul britanic Fred Hoyle într-o serie de emisiuni radiofonice BBC, sub genericul „Natura Universului“. A fost acceptată de astronomi pe o scară atît de largă, încît acum aceștia o numesc „Modelul Standard“.

În prezent dispunem de un volum surprinzător de mare și de coerent de dovezi suplimentare despre Big Bang. Steven Weinberg (1933–), pe atunci profesor de fizică la Universitatea Harvard, a primit în 1979 Premiul Nobel pentru Fizică pentru activitatea sa în acest domeniu. El a descris rezultatele cercetărilor sale în cartea *Primele trei minute ale Universului*:

La început a fost o explozie... După cîrca o sutime de secundă... temperatura universului atingea aproape o sută de mii de miliarde de grade Celsius (10^{14} °C). Aceasta înseamnă că era mult mai fierbinte decît în centrul celei mai fierbinți stele, atît de fierbinte încît nici unul dintre componentele materiei obișnuite, moleculele, atomii și nici chiar nucleele atomilor nu puteau exista. Materia dizlocată de această explozie în toate direcțiile consta din diferite tipuri de... particule elementare...

Pe parcursul exploziei, temperatura a scăzut... atîngînd o mie de miliarde de grade (10^{12} °C) la sfîrșitul primelor trei minute. Era destul de rece pentru ca protonii și neutronii să formeze nuclee complexe, începînd cu nucleul hidrogenului greu... care constă dintr-un proton și un neutron. Densitatea era încă destul de mare... astfel încît aceste nuclee ușoare au reușit să se unească rapid în cele mai stabile nuclee ușoare, acelea de heliu, constînd din doi protoni și doi neutroni... La sfîrșitul primelor trei minute universul era format mai ales din lumină, neutrini și anti-neutrini... Această materie a continuat să se împrăștiie, devenind mai rece și mai puțin densă. Mult mai tîrziu, după cîteva

sute de mii de ani, materia s-a răcit suficient pentru ca electronii să se asocieze cu nucleele, formînd atomii de hidrogen și de heliu.

Cu toate că Big Bang-ul a avut loc în urmă cu aproape 15 miliarde de ani, a fost nevoie de cîteva miliarde de ani pentru ca galaxiile să atingă actuala configurație din univers, înglobînd Calea Lactee și sistemul nostru solar. Norii de atomi de hidrogen și heliu se roteau din ce în ce mai repede, aplatizîndu-se de-a lungul axei de rotație. Asemănător Căii Lactee, majoritatea galaxiilor au format structuri discoidale cu brațe în formă de spirală – roți imense de materie și lumină – ca și celelalte configurații de galaxii prezentate în figura 9-3.

Aici, în marginea exterioară a Galaxiei Calea Lactee, în urmă cu o jumătate de miliard de ani, un nor de hidrogen și heliu a început să se condenseze, prăbușindu-se în sine din cauza propriei atracții gravitaționale. Probabil că materia din care s-a format a provenit din explozia unei supernove, nu direct din Big Bang. Indiferent de proveniența ei, această materie a format un disc răsucit, asemenea Căii Lactee. Dar pe măsură ce aduna din ce în ce mai multă substanță, centrul discului a devenit tot mai dens, iar atracția gravitațională crescută a acestui obiect care se mărea s-a extins și asupra altor fragmente de materie din spațiu, pînă cînd obiectul a atins cea mai compactă formă geometrică – sfera –, devenind atît de masivă încît interiorul ei se afla sub o presiune fizică enormă. Presiunea respectivă a dus la încălzirea acestei sfere nou-formate pînă la temperaturi de aproape 20 de milioane de grade, ceea ce a făcut ca atomii de hidrogen să fuzioneze în atomi de heliu într-o serie continuă și masivă de reacții nucleare care au marcat apariția Soarelui nostru. Acest proces s-a repetat la nașterea oricăreia dintre sutele de mii de miliarde de alte stele din univers. Așa cum am discutat în părțile a II-a și a III-a, atunci cînd are loc o fuziune nucleară se produce transformarea masei în lumină și căldură, proces căruia îi datorăm propria noastră existență.

Experții au păreri diferite cu privire la posibilitatea ca universul să-și continue expansiunea la infinit. Toate roiurile galactice care se îndepărtează par să încetinească. Cu toate acestea, există posibilitatea ca explozia primordială să fi catapultat această materie cu suficientă energie pentru a ieși de sub atracția gravitațională a restului materiei din univers. Dacă așa stau lucrurile, expansiunea universului va dura la infinit. În cealaltă situație, dacă materia nu are suficientă energie pentru a ieși de sub atracția gravitațională, într-o bună zi universul se va prăbuși în sine și va crea probabil un alt big bang, ceea ce va însemna reluarea întregului proces de la început. Chiar și în această situație, vor trece zeci de miliarde de ani înainte ca universul să-și împlinească destinul.

Elementele mai grele se unesc pentru a forma un procent din univers, inclusiv Pământul

Pluto și Norul Oort

Așa cum a explicat Steven Weinberg, acum putem înțelege procesul care a dus la formarea elementelor în timpul Big Bang-ului și după aceea. Oul cosmic s-a transformat mai ales în atomi de hidrogen (care conțin numai un proton și un neutron), apoi în următorii atomi simpli, cei de heliu (cu numai doi protoni și doi neutroni). Astăzi, aceste două elemente reprezintă 99 % din întregul univers (74% hidrogen și 25% heliu). După trecerea a câtorva sute de milioane de ani s-au format elementele mai grele, reprezentând un procent din materia universului, care au apărut ca efect secundar al reacțiilor de fuziune din interiorul stelelor și în urma exploziilor stelare catastrofale. Într-un anumit sens, din momentul care a urmat Big Bang-ului și pînă în ziua de astăzi există o foarte, foarte mică schimbare la nivel nuclear sau în ansamblul elementelor din univers. Atomii de hidrogen, atomii de heliu și alte particule elementare au interacționat de miliarde de miliarde de miliarde de miliarde de ori pentru a forma și alte elemente în afară de hidrogen și heliu – *adică celelalte 90 de elemente chimice existente în natură, care reprezintă mai puțin de un procent din întregul univers.*

Concentrîndu-ne pentru o clipă asupra *materiei vii de pe Pământ*, remarcăm de asemenea că 99% din ansamblul materiei care compune toate organismele vii este format din numai *patru* tipuri de atomi: hidrogen, carbon, azot și oxigen. Este ca și cum fiecare atom din corpul nostru ar fi fost cîndva o parte dintr-o stea. Pentru a forma carbonul, de exemplu, trei nuclee de heliu se ciocnesc simultan într-o milionime de milionime de secundă. Cu cîteva excepții minore, atomii de carbon din orice moleculă organică a oricărei ființe vii de pe Pământ s-au format din asemenea triple coliziuni – fiind o parte a spectaculoasei transformări din stadiul de particule elementare pînă la ființele raționale care acum pot înțelege de unde au venit.

Așa cum am menționat anterior, materia se „atrage” pe sine din punct de vedere gravitațional sub forma unei sfere, deoarece această figură geometrică are cea mai mică suprafață la un volum dat de materie (fiind așadar cea mai „eficientă” configurație). Prin urmare, cam în același timp în care se forma Soarele, praful și gazele care conțineau elemente chimice mai grele pluteau prin galaxia noastră, începînd să se unească într-o masă mai mare, atrasă de Soare prin intermediul enormei sale forțe gravitaționale. Pe măsură ce Soarele se condensa, aceste mase de materie i-au urmat exemplul, formînd în cele din urmă corpuri mai solide care s-au ciocnit între ele o perioadă de cîteva milioane de ani, combinîndu-se și alcătuiind

sfere din ce în ce mai mari și mai solide. Această contopire a materiei și ciocnirile succesive au condus la formarea planetei Pământ, a celorlalte planete și a numeroșilor sateliți naturali ai planetelor din sistemul nostru solar.

La început, Pământul era extrem de fierbinte și nu avea atmosferă. Apoi a apărut o atmosferă alcătuită din emanațiile de hidrogen sulfurat și alte gaze din amestecul de substanțe lichefiate. La unsprezece miliarde de ani după Big Bang, din supă primordială a Pământului au apărut primele molecule organice. Oamenii de știință au continuat să aprofundeze cunoștințele referitoare la condițiile din primii ani ai existenței Pământului. Aceste cercetări includ obținerea informațiilor de pe alte planete. În 1995, după un deceniu de experimente un satelit-sondă de 340 de kilograme, făcând parte din programul spațial Galilei în valoare de 1,35 miliarde de dolari, a intrat în atmosfera lui Jupiter și a transmis prin radio un pachet de informații, timp de cincizeci și cinci de minute, înainte de a plonja pe suprafața planetei, fiind distrus de imensa forță gravitațională și topit de căldura atmosferei lui Jupiter. Această măsurare a cantităților de oxigen, hidrogen și alte gaze, precum și a temperaturii prin intermediul spectrometrului cu ultraviolete al sondei ne-a oferit informații importante despre primele etape de formare a *Pământului*, în urmă cu miliarde de ani, deoarece Jupiter este atât de masiv, iar gravitația sa atât de mare încât atmosfera lui este virtual identică celei din perioada de formare a întregului nostru sistem solar, în urmă cu 4,5 miliarde de ani. Aceleași gaze au stat la baza formării atmosferei originare a Pământului, dar acestea s-au modificat ca urmare a ieșirii lor în spațiu, a bombardamentelor meteoritilor și cometelor, a reacțiilor chimice și activității vulcanice. Prin contrast, Jupiter, chiar dacă a suferit la rândul său modificări ale presiunii și compoziției chimice, a rămas un exemplu relativ pur al norului primordial, oferind informații valoroase despre evoluția Pământului prin compararea celor două planete.

Cantități enorme de fragmente de materie din sistemul nostru solar nu s-au contopit niciodată sub forma planetelor și a sateliților – acestea sînt acum asteroizi, comete și alte aglomerări de praf și de materie, foarte des întîlnite în afara planetelor. Asteroizii sînt formați din rocă și metal, în toată gama de dimensiuni, de la cîteva zeci de grame la milioane de tone, iar marea lor majoritate (aproape 7000) se rotesc în jurul Soarelui într-o centură de asteroizi aflată între Marte și Jupiter. Cel mai mare asteroid cunoscut, Ceres, are un diametru de 930 de kilometri. Unele fragmente rezultate în urma ciocnirilor dintre acești asteroizi lovesc în fiecare an Pământul sub formă de meteoriți. De cealaltă parte, cometele sînt compuse în primul rînd din apă, gheață, hidrogen, carbon, oxigen și azot, numărul lor ajungînd la cîteva mii de miliarde numai în sistemul nostru solar. Acest material formează o „coadă“ de vapori, de gaze și praf – de aici și

sfere din ce în ce mai mari și mai solide. Această contopire a materiei și ciocnirile succesive au condus la formarea planetei Pământ, a celorlalte planete și a numeroșilor sateliți naturali ai planetelor din sistemul nostru solar.

La început, Pământul era extrem de fierbinte și nu avea atmosferă. Apoi a apărut o atmosferă alcătuită din emanațiile de hidrogen sulfurat și alte gaze din amestecul de substanțe lichefiate. La unsprezece miliarde de ani după Big Bang, din supa primordială a Pământului au apărut primele molecule organice. Oamenii de știință au continuat să aprofundeze cunoștințele referitoare la condițiile din primii ani ai existenței Pământului. Aceste cercetări includ obținerea informațiilor de pe alte planete. În 1995, după un deceniu de experimente un satelit-sondă de 340 de kilograme, făcând parte din programul spațial Galilei în valoare de 1,35 miliarde de dolari, a intrat în atmosfera lui Jupiter și a transmis prin radio un pachet de informații, timp de cincizeci și cinci de minute, înainte de a plonja pe suprafața planetei, fiind distrus de imensa forță gravitațională și topit de căldura atmosferei lui Jupiter. Această măsurare a cantităților de oxigen, hidrogen și alte gaze, precum și a temperaturii prin intermediul spectrometrului cu ultraviolete al sondei ne-a oferit informații importante despre primele etape de formare a Pământului, în urmă cu miliarde de ani, deoarece Jupiter este atât de masiv, iar gravitația sa atât de mare încât atmosfera lui este virtual identică celei din perioada de formare a întregului nostru sistem solar, în urmă cu 4,5 miliarde de ani. Aceleași gaze au stat la baza formării atmosferei originare a Pământului, dar acestea s-au modificat ca urmare a ieșirii lor în spațiu, a bombardamentelor meteoritilor și cometelor, a reacțiilor chimice și activității vulcanice. Prin contrast, Jupiter, chiar dacă a suferit la rândul său modificări ale presiunii și compoziției chimice, a rămas un exemplu relativ pur al norului primordial, oferind informații valoroase despre evoluția Pământului prin compararea celor două planete.

Cantități enorme de fragmente de materie din sistemul nostru solar nu s-au contopit niciodată sub forma planetelor și a sateliților – acestea sînt acum asteroizi, comete și alte aglomerări de praf și de materie, foarte des întîlnite în afara planetelor. Asteroizii sînt formați din rocă și metal, în toată gama de dimensiuni, de la cîteva zeci de grame la milioane de tone, iar marea lor majoritate (aproape 7000) se rotesc în jurul Soarelui într-o centură de asteroizi aflată între Marte și Jupiter. Cel mai mare asteroid cunoscut, Ceres, are un diametru de 930 de kilometri. Unele fragmente rezultate în urma ciocnirilor dintre acești asteroizi lovesc în fiecare an Pământul sub formă de meteoriți. De cealaltă parte, cometele sînt compuse în primul rînd din apă, gheață, hidrogen, carbon, oxigen și azot, numărul lor ajungînd la cîteva mii de miliarde numai în sistemul nostru solar. Acest material formează o „coadă” de vapori, de gaze și praf – de aici și

termenul de cometă, care vine de la un cuvânt grecesc avînd semnificația „cu părul lung”. Aproape toate cometele se rotesc în jurul Soarelui într-un plan asemănător planului majorității planetelor, intersectîndu-se uneori cu traiectoriile acestora, așa cum s-a întîmplat cu Cometa Halley. Orbitele unor comete sînt scurte (în zona dintre Pămînt și Soare), în timp ce altele au traiectorii extrem de largi, ajungînd mult dincolo de orbita planetei Pluto. Majoritatea astronomilor subscriu teoriei conform căreia cometele au apărut dintr-un nor imens de materie numit Norul Oort, după astronomul olandez Jan Hendrik Oort (1900–1992), care a susținut pentru prima oară teoria existenței acestei materii în respectiva regiune a sistemului nostru solar și a descris felul în care s-au format cometele.

Astronomii descoperă alte sisteme solare în Galaxia Calea Lactee

Viață pe Marte

La începutul anilor '80, metodele perfecționate de cercetare a sistemului nostru solar au condus la descoperirea că există și alte planete care se rotesc pe orbite în jurul unor stele din Calea Lactee. Prima descoperire de acest gen a avut loc în 1992, atunci cînd astronomii au localizat o stea cu două planete la 1300 de ani-lumină de Pămînt. În octombrie 1995, astronomii au detectat o planetă cam de două ori mai mică decît Jupiter, rotindu-se în jurul unei stele numite „51 Pegasi”, în constelația Pegasus. În ianuarie 1996, doi astronomi californieni au detectat două planete mai mari decît Jupiter care însoțeau stelele 70 Virginis, din constelația Virgo, și 47 Ursae Majoris din Ursa Major (Carul Mare), la o distanță de aproape 35 de ani-lumină. La mii de miliarde de kilometri de Pămînt, aceste planete sînt prea depărtate pentru a putea fi văzute cu telescopul, dar aparatura sensibilă de la bordul sateliților și puternicele dispozitive de pe Pămînt pot monitoriza stelele pentru a vedea dacă au o mișcare în zigzag, acesta fiind un semn al atracției gravitaționale exercitate de o planetă. Unele dintre aceste instrumente măsoară configurația luminii din spectrul infraroșu al discului subțire de materie gazoasă în formă de clătită aflat în jurul stelei pentru a detecta dîra inelară pe care o lasă orice planetă ce se deplasează pe orbită.

Temperaturile planetelor din Virgo și Ursa Major oscilează între -73°C și $+85^{\circ}\text{C}$ – un interval ce poate favoriza procesele chimice propice apariției și menținerii vieții. De asemenea, cercetătorii au detectat oțet ordinar într-un nor stelar aflat la 25 000 de ani-lumină de Pămînt, analizînd „semnătura” spectrografică unică a lungimii de undă a luminii emise și a semnalelor radio din spațiu. Oțetul constă dintr-o moleculă organică (acid acetic) care e posibil să fi jucat un anumit rol în formarea vieții pe Pămînt. Aceeași tehnologie a fost folosită pentru identificarea celor patru elemente

cruciale pentru apariția vieții pe Pământ – hidrogenul, carbonul, azotul și oxigenul – din uriașii nori de praf și gaz din univers.

Speculațiile despre posibilitatea existenței vieții în altă parte a universului au luat o turnură surprinzătoare în august 1996, atunci când NASA a anunțat descoperirea unor molecule organice fosilizate și posibile celule într-un meteorit provenit de pe Marte. Roca fusese catapultată de pe Marte în urmă cu 15 milioane de ani, atunci când un asteroid uriaș s-a ciocnit de planetă. Acesta a aterizat pe Pământ acum 13 000 de ani și conține hidrocarburi aromatice policiclice (HAP) despre care unii biologi afirmă că reprezintă o dovadă indubitabilă a prezenței apei pe Marte (în urmă cu aproape trei miliarde de ani) și a *prezenței organismelor vii* care au produs moleculele de HAP în vremea aceea – adică aproape în același timp în care se forma viața pe Pământ.

Având în vedere existența a mii de miliarde de stele, recenta descoperire a unor planete în jurul unora dintre ele și posibilitatea ca în trecut să fi existat viață pe Marte, s-ar părea că sistemul nostru solar nu este unic și implicit nici existența vieții pe Pământ. Este chiar foarte puțin probabil ca o stea oarecare, Soarele nostru, să fie singura stea însoțită de o planetă pe care există viață. Dacă se va descoperi viață ori urme de viață pe Marte sau oriunde în altă parte, părerea despre sine a omenirii va fi încă o dată serios revizuită. În această perioadă de dezvoltare a tehnologiei, astronomii prezic zorii unei noi ere în domeniul astronomiei, o a doua venire a lui Columb, o epocă în care vom descoperi lumi noi. În perioada de patru luni care a urmat descoperirii meteoritului de pe Marte, Statele Unite și Rusia au lansat separat trei vehicule spațiale pentru a studia atmosfera planetei, a cartografia suprafața și a identifica zonele care ar fi putut să adăpostească viața. Viitoare misiuni vor furniza probe de rocă și de sol marțian. Probabil că există milioane de corpuri cerești ce pot asigura condiții favorabile vieții. Este posibil ca în aceste sisteme planetare invizibile pentru noi, dar care există, să se fi dezvoltat viața pînă la stadiul de ființe inteligente. Nu trebuie să avem în vedere doar numărul imens de stele și posibilele sisteme solare; trebuie să luăm în considerare prezența acestora în contextul celor cincisprezece miliarde de ani de existență a universului. Milioane de sisteme vii puteau să se fi dezvoltat pe alte planete și să se răspîndească apoi în univers, unele dintre ele suprapunîndu-se în evoluție și în etapele de dezvoltare, iar altele născîndu-se la milioane de ani după dispariția precedentelor forme de viață. La urma urmei, a fost o vreme când nici pe Pământ nu a existat nici o formă de viață. Condițiile de mediu au evoluat, iar planeta a dat naștere vieții. Viața noastră ca produs al acestei planete schimbătoare nu este decît o secundă din infinitate. Așa cum vom vedea în partea a VI-a (referitoare la celula biologică), în condiții propice viața poate apărea oriunde în univers. Viața pe o altă planetă poate să apară, de asemenea, la un moment dat. Poate să fie similară vieții pe Pământ sau

poate să conștie din forme total diferite, potrivite numai acelei planete, trecând prin ciclul ei de multe miliarde de ani, după care planeta poate deveni din nou neospitalieră, derolantă, moartă. Viața e posibilă pe un miliard de planete fără ea vreuna dintre ființele inteligente de pe o planetă să știe nemijlocit de existența celorlalte.

Așa cum sugera întrebarea pusă episcopului Ussher, fără cauză nu există efect. În pofida convingerii lui Aristotel că universul a existat dintotdeauna, cunoașterea și experiența noastră asupra universului nu atestă prezența vreunui fenomen fizic care să dovedească cum că energia sau materia pot apărea spontan. Ecuația lui Einstein, $E=mc^2$, ne reamintește că masa și energia sînt intersanjabile. Nici energia și nici materia nu pot fi create din *nimic*. Atîta vreme cît este evident că universul se extinde, iar toate roiurile de galaxii se depărtează unele de altele și cum este de asemenea clar că o astfel de mișcare încetinește cu o anumită rată, finită, universul nu ar fi putut exista veșnic în starea lui actuală. Cu alte cuvinte, universul nu poate avea o vîrstă infinită deoarece ar fi fost deja mort. În consecință, universul trebuie să fi apărut în urmă cu o perioadă finită de timp. Prin urmare, întrebarea corectă este: De unde a venit oul cosmic? Care a fost „Cauza Primordială”? Cum de a apărut mai întîi superatomul lui Lemaitre – acel ou primordial cu o densitate extraordinară și temperatură supremă – și de ce a explodat?

Implicațiile acestor întrebări sînt imense. Probabil că într-o bună zi va apărea o teorie științifică ce va oferi toate răspunsurile posibile. Unii oameni de știință au sugerat că oul cosmic a existat dintotdeauna, înainte de Big Bang. Alți autori au considerat drept cauză a oului cosmic sau chiar oul în sine o ființă supremă sau o altă forță supranaturală. Unii cosmologi au elaborat teorii care nu se bazează pe înțelegerea comună a cauzei și efectului, deoarece nu se aplică aceleași legi fizice acolo unde nu există timp, nici spațiu și nici materie. Dar luînd în considerare sensul obișnuit al cauzei și efectului, putem ajunge cu ușurință la concluzia că *trebuie* să existe o asemenea forță care a creat „materia” ce intră în componența oului cosmic. Astrofizica pare să nu excludă existența unei ființe supreme creatoare. Dar în această situație există o altă concluzie forte sau inevitabilă care să rezulte din această stare de fapt sau presupunere? Altfel spus, chiar dacă toată lumea este de acord că o forță supranaturală este cauza apariției oului cosmic, există și alte concluzii empirice ce s-ar putea desprinde din acest „fapt”?

Diferitele mituri creaționiste din timpurile străvechi încercau să ofere o explicație pentru existența noastră, să înlăture necunoscutul și să confere securitate și stabilitate psihologică societății. Chiar dacă existența Big Bang-ului și momentul aproximativ la care a avut loc au fost demonstrate fără putință de tăgadă, milioane de oameni continuă să se conducă după

preceptele biblice ale creației spontane a universului de către Dumnezeu în urmă cu circa 5800 de ani. Dovezile care atestă existența Big Bang-ului sînt copleșitoare. În lumina acestor dovezi, speranța și credința în „adevărurile” eterne despre creație care au fost invocate în urmă cu cîteva secole sînt mult mai periculoase pentru progresul și bunăstarea umanității și mult mai puțin raționale decît erau atunci cînd au făcut posibilă adoptarea fără rezerve a imaginii despre univers a lui Aristotel și Ptolemeu în perioada Renașterii.

Încă din prima clipă a creației, universul s-a dezvoltat de-o manieră previzibilă. Prin urmare, chiar dacă cineva presupune că o ființă sau o forță supranaturală era responsabilă de creația universului în momentul Big Bang-ului, nu mai este necesară intervenția divină pentru lungă listă de întrebări pe care am început să le punem și căroră, de curînd, în istoria recentă, le-am răspuns. În *O scurtă istorie a timpului*, Stephen Hawking a înfățișat situația astfel:

Toată istoria științei a reprezentat înțelegerea treptată a faptului că evenimentele nu au loc într-o manieră arbitrară, ci reflectă o anumită ordine implicită, care poate să fie sau nu de inspirație divină ... Nu este exclus ca aceste legi să fi fost decretate inițial de Dumnezeu, dar se pare că de atunci El a lăsat universul să se dezvolte conform acestor legi, fără ca în prezent să mai intervină în vreun fel.

Există multe mistere nedelegate. Dar ele fac parte dintr-un sistem practic rezolvat. De pe această planetă aflată la marginea unei galaxii neînsemnate, oamenii au cercetat spațiul imens care îi înconjură și au oferit o descriere cu adevărat magnifică a creației.

Capitolul 10

Ecoul Creației

„Pământul este un loc. Nici vorbă să fie singurul loc. Nici măcar nu este unul reprezentativ. Nici o planetă, nici o stea și nici o galaxie nu poate fi reprezentativă, deoarece Cosmosul este în cea mai mare parte gol. Singurul loc reprezentativ este acest imens și rece vid universal, noaptea eternă a spațiului intergalactic, un loc atât de ciudat și de pustiu încât, prin comparație, planetele, stelele și galaxiile sînt înduioșător de rare și de frumoase.”

CARL SAGAN
Cosmos (1980)

Primul capitol din teoria Big Bang-ului a fost scris de astronomii ale căror mari telescoape au explorat spațiul în primele decenii ale acestui secol. A urmat apoi un capitol uimitor și neașteptat, scris de către cei care lucrau într-un nou domeniu al astronomiei – radioastronomii – atunci cînd au descoperit indicii complexe, dispersate în univers în urmă cu 15 miliarde de ani. Putem să vedem dovada realității Big Bang-ului în fenomenul de recesie, de îndepărtare a galaxiilor, ba chiar putem să și măsurăm urmele „căldurii” rămase în urma acelei explozii.

Așa cum am menționat în capitolul precedent, universul era extraordinar de fierbinte. Temperatura extrem de ridicată este importantă nu numai din cauza efectelor asupra particulelor atomice, dar și pentru că întregul univers era scaldat în această radiație electromagnetică care s-a răcit o dată cu materia. Pentru a înțelege cum a dus detectarea acestor radiații la confirmarea observațiilor lui Hubble și la Teoria Big Bang-ului a lui Lemaitre trebuie să definim mai întîi radiațiile electromagnetice.

Maxwell a prezis existența undelor invizibile

Volți, amperi și coulombi

Așa cum sugerează termenul în sine, electromagnetismul se referă la o forță sau la un fenomen care constituie o combinație între electricitate și magnetism. Urmînd exemplul lui Newton, care a aplicat metoda științifică asupra ramurii fizicii numită mecanică, cercetătorii din secolele XVIII și XIX, printre care fizicienii francezi Charles Coulomb (1736–1806) și

André-Marie Ampère (1775–1836), fizicianul italian Alessandro Volta (1745–1827), matematicianul german Karl F. Gauss (1777–1855) și fizicianul și chimistul englez Michael Faraday (1791–1867) au realizat sute de experimente cu electricitatea și magnetismul în încercarea de a înțelege aceste fenomene. Cercetările lor au condus la o anumită înțelegere a naturii și caracteristicilor electricității și magnetismului. Fizicianul scoțian James Clerk Maxwell (1831–1879) a elaborat și redactat, în 1861, o serie de patru formule sau legi. Aceste legi și ecuațiile care le susțin definesc complet relația dintre câmpul electric și cel magnetic și joacă în domeniul electromagnetismului același rol pe care l-au jucat legile lui Newton în gravitație și mișcare. Ele pot fi astfel formulate:

1. O sarcină electrică generează un câmp electric.
2. Între polii unui magnet se formează un câmp magnetic.
3. Câmpurile electrice sînt generate prin modificarea câmpurilor magnetice.
4. Câmpurile magnetice pot fi generate prin transformarea câmpurilor electrice sau cu ajutorul curenților electrici.

Primele două principii explică câmpurile electrice și magnetice *statice*, adică acele câmpuri formate în absența curentului electric sau a variației curentului electric. Cea mai importantă contribuție a lui Maxwell a fost cel de-al patrulea principiu. El și-a dat seama că aceste câmpuri magnetice nu sînt produse numai de curentul electric, ci și de transformarea câmpurilor electrice. După ce a descris și elaborat cele patru ecuații, el și-a dat seama că din a treia și a patra lege reieșea că propagarea câmpurilor electrice și magnetice nu poate fi separată, deoarece se generează reciproc. Plecînd de aici, el a prezis existența unor *unde de energie, în cea mai mare parte invizibile*, pe care le numim în prezent radiații electromagnetice. Altfel spus, bazîndu-se în principal pe ecuațiile trei și patru, Maxwell a prezis existența „câmpurilor” electromagnetice oscilatorii care se mișcă prin spațiu precum valurile sau undele într-un bîzin cu apă.

Undele electromagnetice posedă trei caracteristici: lungime de undă, viteză și frecvență. După cum se poate vedea în figura 10-1, fiecare undă constă dintr-un șir de vîrfuri și vîi. Lungimea de undă este distanța dintre două vîrfuri. Frecvența este cantitatea care arată cît de multe vîrfuri trec într-o secundă printr-un punct dat (de obicei unitatea de măsură este „hertz”-ul, după numele fizicianului german Heinrich Hertz, asupra căruia ne vom opri în paginile următoare).

Lumina este o bandă restrînsă de radiații electromagnetice care pot fi percepute de ochiul omenesc. După ce a calculat că viteza oricărei unde electromagnetice (inclusiv a luminii) este de 300 000 de kilometri pe secundă, Maxwell a postulat că aceste unde există la toate frecvențele și

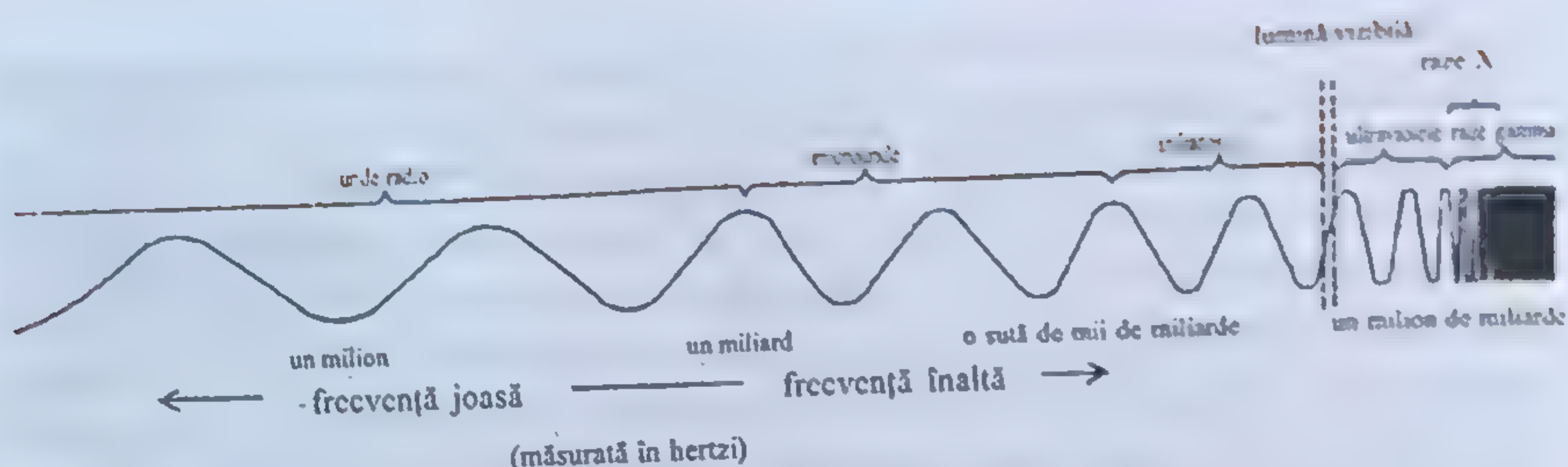


Figura 10-1. Spectrul electromagnetic

lungimile de undă. Lungimea de undă depinde de frecvența sau rata cu care oscilează câmpul – cu cât este mai înaltă frecvența, cu atât este mai scurtă lungimea de undă. Prin urmare, undele radiațiilor electromagnetice acoperă întreg spectrul radiațiilor, cu o singură porțiune, foarte redusă, vizibilă ochiului uman sub formă de lumină (cu lungimea de undă între 40,5 și 81 de milionimi de centimetru). Așa cum reiese din figura 10-1, spectrul electromagnetic include totul, de la undele radio (cu lungimi de undă cuprinse între câțiva metri și câteva mii de kilometri) la microunde (de la 2,5 mm până la 30,5 cm) și până la razele X și razele gamma, cele mai „energice” dintre radiațiile electromagnetice pe care le putem măsura, produse în stele ca urmare dezintegrării anumitor elemente radioactive.

Așa cum am văzut în capitolul 8, Einstein s-a bazat pe lucrările lui Maxwell pentru a ajunge la teoria restrînsă a relativității. El a descris teoriile lui Maxwell drept „cele mai profunde și mai utile teorii ale fizicii de la Newton încoace”. De asemenea, cunoașterea liniilor spectrale i-a permis lui Edwin Hubble să detecteze deplasarea spre roșu a galaxiilor care se depărtează una de alta, subiect abordat în capitolul 9.

Cu toate că ecuațiile lui Maxwell l-au condus la predicția existenței radiațiilor electromagnetice, a fost nevoie de alți douăzeci și cinci de ani pentru ca această teorie să fie general acceptată – în primul rînd fiindcă nu fusese niciodată dovedită existența unor asemenea unde și nici nu fuseseră produse în condiții de laborator. Fizicianul german Heinrich Hertz (1857–1894) a reușit să facă această demonstrație în 1887, la opt ani după moartea lui Maxwell. Hertz a fost primul om care a transmis și recepționat unde radio prin niște experimente ingenioase în care a folosit versiunea primitivă a unui sistem de emițătoare, antene și detectori de radiații electromagnetice pe frecvența undelor radio. Acest lucru a însemnat nașterea primei comunicații prin radio și, bineînțeles, tot ceea ce folosim în zilele noastre din acest domeniu: radio, televizor, computere, telefoane celulare și multe alte dispozitive. Așa cum am spus mai devreme, Hertz a devenit unitatea de măsură pentru frecvența undelor electromagnetice.

Penzias și Wilson descoperă întâmplător radiația cosmică remanentă

Antena lipsă

Vă propunem să reluăm povestea începută de Faraday, Maxwell și Hertz după un interval de cincizeci de ani. Pe măsură ce se dezvoltă tehnologia radio, oamenii de știință și-au dat seama că razele Soarelui provoacă în mod natural un fenomen nedorit de radio-interferență. La sfârșitul anilor '20, compania Bell Telephone Laboratories dorea să instaleze un sistem de comunicație radio-telefonice care să traverseze Atlanticul, adăugându-se sistemului prin cablu – dar era necesară eliminarea interferenței. Prin urmare, Bell a lansat un program de cercetare pentru a înțelege mai bine felul în care Soarele provoacă această interferență. Compania a construit o rețea de antene, receptori și dispozitive de înregistrare și astfel a descoperit că emisiile de unde radio nu provin numai de la Soare, ci și de la alte corpuri cerești. Anunțarea acestei descoperiri, pe 27 aprilie 1933 a marcat nașterea științei moderne a radioastronomiei. Acest lucru a reprezentat un progres major al astronomiei, deoarece milioanele de corpuri cerești emit unde radio care de aici înainte pot fi detectate prin radiotelescoape chiar și atunci când telescoapele optice nu pot localiza aceste corpuri. Astronomia este cea mai veche dintre științe, avându-și începuturile în China, Egipt și Grecia, în urmă cu câteva mii de ani. Pentru prima oară pe parcursul lungii sale istorii, astronomia nu mai era dependentă în exclusivitate de observațiile optice. Vom vedea că apariția radioastronomiei a condus la o descoperire monumentală care a mers mult mai departe față de localizarea stelelor și galaxiilor imposibil de detectat până atunci.

În anii '30 și '40, astrofizicienii au reușit să reconstituie condițiile exacte de după Big Bang. Ei și-au dat seama că enorma căldură a universului proaspăt născut a produs un câmp termic de radiații electromagnetice care cuprindea razele X și razele gamma, adică radiațiile cu lungime de undă mai scurtă. Pe măsură ce universul se răcea, temperatura medie a acestuia corespundea unor lungimi de undă din ce în ce mai lungi din spectrul radiațiilor electromagnetice termice. În 1948, fizicienii Ralph Alpher (1921–) și Robert Herman (1914–1997), lucrând împreună cu fizicianul ruso-american George Gamow (1904–1968), au prezis că, dacă universul a luat naștere într-o stare de asemenea densitate fierbinte, atunci *trebuie să existe în continuare o formă de radiații sau de energie, cu o temperatură medie de cinci grade peste zero absolut (pe scara Kelvin) care să amintească de Big Bang și care s-a răspândit, rarefiindu-se, în întreg universul.* Ei au făcut această predicție în lucrarea menționată în capitolul 9, *Originea elementelor chimice*. Deoarece nu exista încă un echipament care să poată detecta o asemenea radiație reziduală, predicția lor a trecut neobservată timp de aproape două decenii.

În 1965, astrofizicianul germano-american Arno Penzias (1933–) și radioastronomul american Robert W. Wilson (1936–), care lucrau ca ingineri radio la Bell Telephone Laboratories din Holmdel, New Jersey, calibrau o antenă radio sensibilă care a fost folosită pentru a stabili legătura cu primul satelit de comunicații Telstar. Ei își propuseseră să găsească și să elimine sursa „zgomotului” nedorit provocat de microunde care părea să se înregistreze cu intensitate uniformă în toate direcțiile spațiului. Existența acestor semnale din spectrul microundelor (radiații electromagnetice cu lungimi de undă între cele ale undelor radio și ale luminii infraroșii) era o problemă asemănătoare celei cu care Bell Laboratories se confruntase în anii '20 și care a dus la nașterea radioastronomiei. Cu toate că această nouă antenă Bell era proiectată pentru a urmări sateliții, ea continua să culeagă această radiație omniprezentă, indiferent de rotația Pământului. Această uniformitate le-a sugerat lui Penzias și Wilson că radiația ar putea să nu vină de la un anumit corp ceresc sau de la o galaxie anume.

În același timp, în vecinătate, la Universitatea Princeton, P.J.E. Peebles (1935–), un fizician teoretician, lucra împreună cu un grup de cercetători la o problemă în legătură cu radiațiile care fusese abordată mai întâi de Gamow, Alpher și Herman în 1948. Peebles și grupul de la Princeton au recalculat postulatul Gamow-Alpher-Herman din 1948 complet independent. Deoarece nu aveau un echipament capabil să detecteze radiația cosmică de fundal, au început să proiecteze o antenă în acest scop.

Întorcându-ne la Bell, Penzias și Wilson nu putuseră să explice sursa statică de unde pe care o găsiseră prin intermediul antenei Telstar. Printr-o coincidență, în timpul unei conversații telefonice cu bine cunoscutul astronom Bernard Burke (1928–) de la MIT, din Boston, pe un subiect total diferit, Penzias a menționat ca din întâmplare problema semnalelor neexplicate din spectrul microundelor. Fiind la curent cu lucrările grupului de la Princeton, Burke și-a dat seama că Penzias și Wilson trebuie să fi descoperit radiația de fundal prezisă de Peebles la Princeton și le-a făcut cunoștință celor două colective de cercetători. Penzias, Wilson și grupul de fizicieni de la Princeton au început să lucreze împreună, apoi, în 1965, au publicat simultan în *Astrophysical Journal* lucrări care prezentau în amănunt respectivele descoperiri. Penzias și Wilson au împărțit Premiul Nobel pentru Fizică în 1978.

Această descoperire a marcat o nouă eră în domeniul cercetărilor asupra Big Bang-ului, culminând cu informația obținută în 1992 de satelitul NASA numit COBE (Cosmic Background Explorer – Exploratorul Fundalului Cosmic). Echipamentul de la bordul satelitului COBE a înregistrat informații de cea mai mare precizie cu privire la temperatura radiațiilor de microunde de fond, detectând de asemenea și infima variație a acestora (1 la 100 000). Această informație le-a permis cosmologilor să recreeze distribuția aproximativă a materiei din momentul în care universul avea

vîrsta de numai un milion de ani, lucru care, la rîndul său, a făcut posibilă reconstituirea evenimentelor care au condus la formarea galaxiilor prin intermediul forțelor gravitaționale, așa cum am explicat în capitolul 9.

Infernul Big Bang-ului nu a determinat doar producerea hidrogenului și a heliului; căldura inimaginabilă a acelei explozii a dus la apariția unui câmp invizibil, uniform și atotpătrunzător de radiații electromagnetice din domeniul microundelor – o formă fundamentală de energie care se mișcă prin cosmos cu viteza luminii. Georges Lemaitre, cel care a făcut prima referire la existența unui asemenea eveniment în 1927 și a trăit să vadă cum acesta a fost detectat prin intermediul radioastronomiei, a numit această radiație „strălucirea dispărută a originii lumilor“. Teoriile și informațiile acumulate în domenii separate și diverse în laboratoarele lui Maxwell, Hertz, Einstein, Planck, Hubble, Gamow, Peebles, Penzias, Wilson și mulți, mulți alții au fost sintetizate în această concluzie inevitabilă: *În urmă cu cincisprezece miliarde de ani a avut loc o titanică explozie cosmică, iar spațiul s-a umplut de radiații electromagnetice care s-au propagat în toate colțurile universului. Această radiație s-a deplasat de-a lungul întregului spectru și a lăsat urme slabe care pot fi detectate de radiotelescoapele din zilele noastre. Din îndepărtatul și infimul nostru loc din acest „imens și rece vacuum universal“, sîntem copleșiți și umiliți de descoperirea „strălucirii pierdute a începutului lumii“.*

Capitolul 11

Marele scrîșnet

„Și tot atunci va fi un cutremur mare, iar a zecea parte din oraș se va prăbuși și... șapte mii de oameni vor muri... Și în ziua morții vor fi judecați... Iar cînd vor trece cei o mie de ani, Satan va fi scos din închisoarea sa și va porni să înșele popoarele din cele patru colțuri ale pămîntului... Morții vor ieși din iad și toți oamenii vor fi judecați după faptele lor.”

Apocalipsa Sfîntului Ioan Teologul

„Părăsim Pămîntul pentru a găsi... o nouă dimensiune a adevărului și a absolutului, departe de ipocriziile și opresiunile acestei lumi.”

Membru, Ordinul Templul Soarelui (1994)

Cînd se va sfîrși universul? Cum va fi acest sfîrșit? Va mai urma ceva după aceea? Credința în apocalipsă, în urma căreia numai cei virtuoși vor supraviețui și se vor bucura de pace, este un mit care datează încă din secolul al XV-lea dinaintea erei noastre, perpetuîndu-se pînă în zilele noastre. În fiecare an, diverse grupări prezic Armageddonul cu aceeași siguranță cu care episcopul James Ussher a înfățișat Facerea Lumii în scrierile sale despre Vechiul Testament, și tot în fiecare an se afirmă că dezastrele și catastrofele naturale sînt precursorii unui cataclism final. „Avînd în vedere că se apropie sfîrșitul lumii” – așa începeau proclamațiile regale din Anglia secolului al X-lea, deoarece mulți oameni credeau că Hristos va domni timp de un mileniu înainte de ziua Judecății de apoi, după cum se spune în *Apocalipsă* (numită și *Cartea revelațiilor*), care este o adevărată culegere de profeții apocaliptice. Într-adevăr, cuvîntul „apocalipsă” vine de la termenul grecesc care înseamnă „revelație”. Să ne amintim de secta davidienilor din Waco, Texas, anul 1993, și de profețiile lor în legătură cu haosul și distrugerea, precum și de grupurile care încă mai strîng în adăposturile antiaeriene provizii pentru a supraviețui focului și cutremurelor care vor curma viețile păcătoșilor și ale celor defavorizați de soartă.

În octombrie 1994, cincizeci de membri ai Ordinului Templului Soarelui din Quebec și Ordinul Tradiției Solare din Elveția s-au sinucis. Aceste secte religioase angajate în profețiile apocaliptice insistă asupra iminenței

unui mare dezastru natural în urma căruia vor supraviețui numai câțiva aleși. Noi continuăm să înfruntăm destinul și să depășim stihiiile naturii și stările de disperare care au hărțuit umanitatea în toate epocile.

Primul exemplu cunoscut de credința apocaliptică ne este oferit de *Avesta*, scrierile sfinte ale Imperiului Persan. *Avesta* prezintă viziunea profetului iranien Zoroastru, care a văzut Spiritul Distrugerii (Angra Mainyu) luptându-se cu zeul binelui (Ahura Mazda). Zoroastru a trăit aproximativ între anii 1500 și 1200 î.Hr. și a profetizat că după această luptă, din care numai cel drept va supraviețui, va urma o mare transformare și judecata întregii omeniri.

Profețiile apocaliptice reprezintă, de asemenea, o parte integrantă a creștinismului și iudaismului. În Evanghelia lui Marcu, Iisus învinge furia lui Satan pentru a restabili comuniunea dintre Dumnezeu și om, iar în *Apocalipsă* Iisus apare ca un erou zoroastrian care îl învinge pe Satan în bătălia Armagedonului. Vechiul Testament reflectă mișcările apocaliptice ale primelor secte evreiești prin distrugerea Ierusalimului și a Templului de către babilonieni și prin acțiunile celor care încercau să-l anihileze pe Satan și să-i zvîrle pe păcătoși în iadul veșnic, în timp ce dreptii aveau să fie răsplătiți cu fericirea eternă.

Există trăsături comune în toate miturile apocaliptice. Vrem să aflăm câte ceva despre sfârșitul universului, știut fiind că acțiunile noastre nu sînt lipsite de consecințe. Majoritatea miturilor ne învață că există o răsplată pentru bine și o pedeapsă pentru rău. Că există dreptate și greșală. Moralitatea trebuie să aibă un impact concret asupra acțiunilor și interacțiunilor omenești, în caz contrar nemaieexistînd nici o rațiune pentru a îmbrățișa asemenea principii morale. Miturile întăresc aceste credințe și temeri – speranța într-o răsplată eternă și teama de apocalipsă, de sfârșitul catastrofal al universului –, urmărind să dea vieții sens și oamenilor un imbold.

Aceste mituri străvechi au izvorît din teamă și speranță, dar ele conțin un element de adevăr și realitate în universul nostru dinamic: *Într-o bună zi, ceea ce există va înceta să mai existe*. Oamenii continuă să se teamă și să se întristeze de probabilitatea unui sfârșit al omenirii și al universului. După ce am examinat Big Bang-ul și formarea universului, vom analiza în continuare cel mai probabil proces care s-ar putea solda cu sfârșitul vieții pe acest Pămînt, sfârșitul sistemului nostru solar și sfârșitul întregului nostru univers. Aceste teorii se bazează pe dovezi științifice observate și cunoscute, pe opiniile unor cosmologi respectabili și ale altor asemenea oameni de știință, chiar dacă este imposibil să știm cu certitudine ce soartă ne așteaptă. Contrar tuturor preceptelor apocaliptice, acest eveniment va avea loc fără nici o legătură cu vreo judecată morală și nu va cruța pe nimeni.

Cometele, asteroizii și schimbările climatice amenință viața pe Pământ

Coliziuni de rutină... Soarta dinozaurilor

Existența vieții pe Pământ, dar nu și Pământul în sine, ar putea fi periclitată de o mare cometă sau de un asteroid. Așa cum am menționat în capitolul 9, există mii de miliarde de comete prinse în câmpurile gravitaționale ale planetelor și Soarelui, călătorind în interiorul sistemului nostru solar. La acestea se adaugă miile de asteroizi din centura de asteroizi dintre Marte și Jupiter. Datorită masei sale extrem de mari, Jupiter capturează uneori comete, așa cum s-a întâmplat în 1994, atunci când cometa Shoemaker-Levy 9 s-a prăbușit în emisfera sudică a planetei, formând nori de vapor și ridicând o ceață imensă în atmosferă. A fost cea mai violentă coliziune înregistrată în istorie. Uneori, Jupiter mai trimite și asteroizi către Pământ sau dincolo de Pământ, spre Soare. Se estimează că există în jur de 10 000 de comete și asteroizi pe orbite care intersectează orbita Pământului, fiind suficient de mari (cel puțin 800-900 de metri în diametru) pentru a se solda cu consecințe catastrofale în cazul ciocnirii cu planeta noastră. Măsurate în timp geologic, coliziunile sînt destul de obișnuite pe Pământ – *în medie*, o mare cometă sau un mare asteroid lovește Pământul o dată la fiecare milion de ani, așa cum s-a întâmplat cu cometa care s-a izbit de Pământ acum 65 de milioane de ani și despre care se crede din ce în ce mai mult că a provocat dispariția dinozaurilor.

O altă posibilă amenințare a vieții pe fragila și neînsemnata noastră planetă o constituie modificarea drastică a fluxului de căldură venit de la Soare, modificare provocată de interferența cu norii gigantici de gaz celest care plutesc prin sistemul solar, de degradarea ecologică sau de schimbarea climei.

Soarta Soarelui este pecetluită – giganta roșie și pitică albă

Mai întîi vor pieri oamenii

Oamenii de știință au calculat că întregul sistem solar – inclusiv Pământul – este cu siguranță condamnat să dispară după patru sau cinci miliarde de ani, cînd Soarele nostru se va apropia de sfîrșitul vieții sale. Soarele are aproximativ cinci miliarde de ani și mai poate arde încă cinci miliarde de ani, continuînd să transforme hidrogenul în heliu prin fuziune, procesul care asigură căldura și lumina tuturor stelelor. Pe măsură ce Soarele transformă tot hidrogenul din miezul său în heliu, energia gravitațională va fi eliberată, provocînd expansiunea Soarelui, care va conține mai puțină masă, adică mai puțină „autogravitație”. Suprafața lui va deveni întrucîtva mai rece – 3700°C față de 6000°C –, căpătînd o tentă roșie. În cele din urmă va deveni o giganta roșie, o uriașă sferă de foc de două sute de ori mai luminoasă decît în prezent și de treizeci de ori mai

mare în diametru, lucru care va marca începutul sfârșitului pentru o stea de mărimea Soarelui nostru. Astronomii au văzut numeroase gigante roșii în univers, cum ar fi Aldebaran, Betelgeuse și Arcturus. Înainte de faza de gigantă roșie, imensa suprafață radiantă a Soarelui va genera și mai multă căldură, cu toate că va conține mai puțină masă și va avea o temperatură mai scăzută la suprafață. Ființele omenesti și alte forme de viață de pe Pământ vor fi pierit mult înainte ca Soarele să devină o gigantă roșie, deoarece oceanul planetar va fierbe, iar atmosfera va fi transformată din punct de vedere chimic de căldura extraordinară. Pe măsură ce mingea de foc va crește în mărime, ea va înghiți una câte una cele patru planete apropiate (Mercur, Venus, Pământ și Marte). Apoi, după câteva miliarde de ani de activitate violentă și imprevizibilă, Soarele nostru se va condensa în cele din urmă într-o minge de mărimea unei mici planete, devenind un obiect pe care astronomii îl numesc „pitică albă”, o stea de o densitate apreciabilă, cu o luminozitate extrem de scăzută. Condensarea pînă la dimensiunea unei „pitici” se produce deoarece presiunea gazului nu va mai putea contrabalansa propria atracție gravitațională. În cele din urmă, Soarele se va răci, se va stinge și va dispărea în întunecimea spațiului.

Conține oare universul suficient de multă materie pentru a opri expansiunea și prăbușirea într-un colaps universal?

Protonii care se dezintegrează

Într-adevăr, fiecare dintre miile de miliarde de stele din univers este condamnată, nu numai din cauza epuizării combustibilului lor nuclear, ci și pentru că ele trebuie să piardă în cele din urmă bătălia cu *gravitația*. Ajungem astfel la întrebarea inițială: *Universul se va sfîrși? Dacă da, cum?* Am văzut câteva scenarii cu privire la soarta vieții pe Pământ, soarta Soarelui, a sistemului solar și a stelelor. *Dar care este soarta întregului univers?* Subliniem faptul că volumul de materie din univers și forța sa gravitațională rezultantă constituie factorul principal în răspunsul la aceste întrebări. Gravitația este cea mai slabă dintre forțele naturii atunci cînd este examinată la nivel atomic, dar la nivel astronomic ea reprezintă forța dominantă, avînd o rază de miliarde de ani-lumină și ținînd laolaltă galaxiile și roiurile de galaxii din cosmos. Dacă expansiunea materiei care a explodat și se depărtează în urma Big Bang-ului este suficient de rapidă, toată această materie va fi capabilă să evadeze de sub influența gravitației cumulate. Asta înseamnă că expansiunea care a început în timpul Big Bang-ului va continua la infinit. Totuși, dacă materia din univers nu se extinde destul de repede, ea se va opri în cele din urmă, iar universul va începe să se contracte către un punct central, într-un colaps universal care ar putea fi numit Big Crunch – Marele Scrișnet.

Pentru a ne putea reprezenta ideea acestui Big Crunch, să ne imaginăm că aruncăm o minge în aer. Câtă vreme această acțiune nu permite mingii să iasă de sub atracția gravitațională a Pământului, ea se va întoarce. Pe de altă parte, rachetelor li se imprimă o viteză suficientă (aproape 40 000 km/h) pentru a scăpa din chingile gravitației terestre. Viteza de evadare care va permite unui obiect să se sustragă permanent atracției gravitaționale create de *masa restului materiei din univers* este apropiată de viteza luminii. Așa cum am menționat în capitolul 9, se pare că cele mai depărtate galaxii din univers se depărtează de restul materiei din univers cu această viteză uluitoare — de-ajuns de repede spre a evada pentru totdeauna, fără de întoarcere.

În 1992, astrofizicienii de la Laboratorul Lawrence Berkeley de la Universitatea California din Berkeley au descoperit dovada că nu mai puțin de 90 de procente din materia din univers reprezintă așa-numita materie rece și întunecată, sub forma unor masive fuioare de gaz care se întind pe două treimi din univers (10 miliarde de ani-lumină sau 95×10^{22} kilometri). Această materie a fost detectată, apoi i s-a măsurat radiația de microunde cu instrumente de pe satelitul COBE (Exploratorul Fundalului Cosmic), lansat de NASA în 1989, așa cum am menționat în capitolul 10. O altă „masă-lipsă” există sub formă de stele stinse. Fuioarele de gaz și aceste stele sînt invizibile pentru cele mai puternice telescoape, dar ar putea crea un câmp gravitațional suficient de puternic pentru ca „mingea să cadă înapoi pe Pământ” — ceea ce înseamnă că universul va cădea în cele din urmă în sine însuși.

Un alt proiect menit să ofere un răspuns la întrebarea în legătură cu destinul final al universului este rețeaua de douăzeci și șapte de radiotelescoape din Socorro, New Mexico, care poartă numele de *Very Large Array* (VLA). VLA detectează cele mai depărtate obiecte din univers, definindu-i prin urmare „granițele”. Văzînd aceste obiecte întunecate, privim literalmente în trecut. Adică le vedem așa cum existau cu miliarde de ani în urmă, atît cît a durat pînă cînd să ajungă la noi lumina lor. Prin urmare, cu VLA și cu alte instrumente noi măsurăm volumul de materie și viteza de recesie. Esențial este că am început să comparăm viteza de recesie a celor mai depărtate obiecte (adică viteza pe care o aveau cu miliarde de ani în urmă) cu viteza de recesie *prezentă* a altor obiecte. Această informație — care nu este încă pe deplin înțeleasă — conține cheia răspunsului la întrebarea dacă expansiunea va încetini și universul va sfîrși prin colaps (ducînd probabil la următorul Big Bang), sau dacă expansiunea va continua la infinit.

Dacă universul va sfîrși printr-un colaps, roiurile de galaxii vor începe să se amestece cu aproape un miliard de ani înainte de Big Crunch. Se vor scurge sute de milioane de ani pînă cînd galaxiile se vor contopi, lucru care va provoca o imensă atracție gravitațională asupra stelelor. Pe durata

ultimului milion de ani, toată materia se va compacta, iar temperatura universului condensat va crește dincolo de cea a stelelor, făcându-le să explodeze. Acest lucru va provoca de asemenea proliferarea unor corpuri cosmice cu o gravitație extrem de intensă, numite „găuri negre“, care vor absorbi toată materia cu o viteză uriașă, pînă cînd totul se va prăbuși într-un singur punct de spațiu și timp cu temperatură și densitate infinită – probabil pentru a repeta încă o dată Big Bang-ul, într-o „re-creație“ a universului.

Încă un scenariu asupra sortii universului a fost propus de cîțiva fizicieni teoreticieni care au îmbunătățit opera lui Einstein asupra teoriei cîmpului unificator. La fel ca și Einstein, ei cred că există o teorie, chiar dacă n-a fost încă descoperită de nimeni, care va explica, printr-un set sau șir unificat de principii și ecuații, existența și proprietățile tuturor formelor de materie și energie. Acest lucru este numit acum „marea teorie unificată“. Un aspect al acestei mari teorii unificate recent descoperită este acela că *toți protonii din univers se vor destrăma în cîteva miliarde de miliarde de miliarde de miliarde de miliarde de ani*. Dacă toți protonii sînt destinați să se dezintegreze de la sine în următoarele cîteva miliarde de miliarde de miliarde de ani, așa cum prezice teoria, atunci fiecare atom se va destrăma la rîndul său. Fizicienii de la Universitatea California din Irvine, Universitatea din Michigan, Laboratorul National Brookhaven din Upton, New York și din alte locuri și-au propus să dovedească sau să infirme această teorie în speranța unei mai bune înțelegeri a particulelor subatomice, precum și să le coreleze cu toate celelalte fenomene fizice din teoria supremă a fizicii.

Pe măsură ce ne apropiem de anul 2000*, Millenium Watch Institute, care urmărește și înregistrează profețiile apocaliptice, a raportat că aproape o mie de organizații și indivizi numai din Statele Unite ale Americii publică articole și cărți despre transformările globale care vor duce la apocalipsă. Unele anunță inundații și cutremure, în timp ce altele prezic război și foamete. Deși nu are la bază îndelungata istorie și tradiție proprii acestor mituri, adevărul despre soarta noastră și destinul întregului univers stă în asteroizi, comete și în procesul de fuziune din Soare, în gravitația cumulativă a universului și în teoria dezintegrării protonilor.

La o privire retrospectivă asupra descoperirilor lui Newton, Rutherford, Bohr, Einstein, Hubble și ale altor oameni de știință prezentați în aceste pagini, constatăm că fiecare pas către atingerea cunoașterii științifice ne-a oferit o nouă perspectivă nu numai asupra universului fizic, ci și asupra rasei umane. Pe măsură ce ne-am depărtat de centrul pre-copernician al unui univers finit și neschimbat, format din 5000 de stele, pentru a ne

* Cartea cu titlul original *The Science Class You Wish You Had...* a apărut în 1997.

situa la marginile unei galaxii de 300 de miliarde de stele dintre alte câteva miliarde de galaxii, am continuat să testăm limitele cunoașterii noastre. Față de universul pe care îl cunoaștem acum, lumea noastră este mai mică decât un grăunte de nisip amestecat printre celelalte fire de nisip de pe toate plajele lumii.

La început, Universul a fost un spațiu gol umplut de particule elementare, dar nu știm sigur cum va sfârși. Între acest început și sfârșit a apărut omenirea, cu diversa și fascinantă sa istorie și cultură. Până când se va descoperi viață și altundeva în univers, noi, oamenii, părem mai degrabă un fenomen excepțional. Sîntem mai conștienți de contextul în care existăm. Trăim un scurt interval de timp, întovărășiți de planete sterpe, lipsite de viață, toate rezultatele din Big Bang. Locuim un colț îndepărtat al acestei galaxii în care cea mai apropiată stea se află la o distanță de *37 de mii de miliarde de kilometri*. Chiar dacă oamenii s-au mulțumit de-a lungul istoriei cu bogata tradiție a miturilor, ceea ce știm acum ne oferă mai multă satisfacție, deoarece conține mai mult adevăr.

După ce am trecut în revistă descoperirile importante din fizică și astronomie, vom examina cu aceeași profunzime *această materie care trăiește* – unicele și sublimele configurații și ființe pe care le numim viață. Vom explora acest mare mister al vieții și legăturile complexe dintre universul fizic și universul viu care a apărut pe Pămînt. Vom vedea relațiile dintre materia vie și elementele chimice din tabelul periodic. În părțile a V-a, a VI-a și a VII-a vom plasa formele de viață în propriul lor context, împreună cu atomii din care sînt constituite și cu forțele fizice și mediul care a modelat și determinat apariția vieții și destinul ei. Vom identifica cu grijă condițiile, pașii și evenimentele care s-au produs de-a lungul miliardelor de ani de cînd elementele prezente în supă primordială a Pămîntului s-au unit pentru prima oară pentru a prinde viață, îmbrăcînd milioane de forme, ajungînd în cele din urmă pe uscat, unde o singură formă de viață a evoluat pînă în punctul în care a devenit capabilă să privească înapoi cu profunzime prin ceața timpului pentru a-și desluși propria sa istorie.

Partea a V-a



Evoluția și principiul selecției naturale

Dintre cele mai mari șapte descoperiri științifice, trei se disting prin aceea că au schimbat complet concepțiile noastre fundamentale privind viața și universul: (1) gravitația și fizica universului; (2) Big Bang-ul; (3) teoria evoluționistă a lui Darwin, pe care o vom explora în paginile următoare. Evoluția este departe de ceea ce se cheamă o teorie – reprezintă un principiu incontestabil și neîndoielnic. Cu toate acestea, ghidându-se după concepțiile lor iraționale și distructive, creaționiștii secolului XX, ieșiți parcă din negurile Evului Mediu, încearcă să așeze emoția înaintea rațiunii și să facă din evoluționism o chestiune controversată. Adevărul este că toate formele de viață au un strămoș comun și, printr-un proces care „selectează” natural caracteristicile importante pentru supraviețuire, fiecare specie, inclusiv oamenii, se adaptează treptat la mediul aflat într-o continuă schimbare.

În cei 140 de ani care s-au scurs de la apariția lucrării lui Darwin, *Originea speciilor*, am înregistrat progrese uluitoare în înțelegerea modului cum funcționează evoluția, printre care se numără descoperirea în secolul XX a fosilelor precursorilor lui *Homo Sapiens* și a mecanismelor precise ale evoluției dezvăluite în structura celulei și a ADN-ului, pe care le vom discuta în părțile a V-a și a VI-a. De asemenea, câteva descoperiri neașteptate în alte domenii au completat imaginea. De exemplu, în capitolul 15 vom studia rolul tectonicii plăcilor în schimbarea condițiilor de mediu, care, la rîndul său, determină apariția selecției naturale.

Descoperirea lui Charles Darwin se apropie ca importanță de cea a lui Newton și este similară cu aceasta prin faptul că ambii

oameni și-au elaborat teoriile bazându-se foarte puțin pe contribuțiile predecesorilor lor. Opera lor este în mare parte individuală, surprinzător de originală și cuprinzătoare. Darwin a fost considerat un „Newton al biologiei”, pentru că Newton ne-a ajutat să înțelegem universul, iar Darwin a deschis o nouă cale în înțelegerea vieții.

oameni și-au elaborat teoriile bazându-se foarte puțin pe contribuțiile predecesorilor lor. Opera lor este în mare parte individuală, surprinzător de originală și cuprinzătoare. Darwin a fost considerat un „Newton al biologiei”, pentru că Newton ne-a ajutat să înțelegem universul, iar Darwin a deschis o nouă cale în înțelegerea vieții.

Capitolul 12

Rocile Creației

„La început, Dumnezeu a creat cerul și pământul... Și Dumnezeu a creat... toate vietățile care se mișcă... Și Domnul a făcut omul din țărână și i-a insuflat viață, iar omul a devenit un suflet viu.”

Facerea

„Credința că speciile sînt niște produse imuabile era aproape inevitabilă atîta vreme cît s-a crezut că istoria lumii este foarte scurtă... Cauza principală a reticenței noastre în a admite că unele specii au dat naștere unor specii total diferite rezidă în faptul că întotdeauna acceptăm cu greu marile schimbări ale căror etape nu le vedem.”

CHARLES DARWIN
Originea speciilor (1859)

În paginile următoare ne vom întoarce privirile dinspre telescop și cerul îndepărtat pentru a aborda problema originii vieții pe Pământ. Oricît de periculoase ar fi fost considerate descoperirile lui Galilei și Newton, cei care au îndrăznit să pună la îndoială originea vieții însăși, în special a omenirii, au stîrnit aprige controverse și s-au expus unui pericol și mai mare. Situația era previzibilă, pentru că originea vieții este un subiect cu o încărcătură emoțională mult mai puternică decît locul Pământului în Univers și natura gravitației. Dar în secolul al XIX-lea a apărut un grup de oameni de știință care, în ciuda numeroșilor detractori, au inițiat o revoluție în geologie și biologie, ceea ce a permis stabilirea vârstei Pământului și înțelegerea originii vieții. Această nouă viziune era atît de profundă, încît a pus definitiv capăt inocenței omenirii.

Generația spontană a fost infirmată, dar nu există nici un motiv să punem la îndoială Creația

După chipul și asemănarea Domnului

Înainte de Renaștere s-a considerat că reproducerea este rezultatul unui eveniment supranatural pe care știința nu va putea să-l descrie niciodată, eveniment datorat aceleiași cauze care a dus la apariția vieții în cadrul Genezei sau al Facerii Lumii. Se credea că formele inferioare

de viață, cum ar fi apariția bruscă a viermilor în carne sau cea a omizilor în copaci, a coleopterelor din bălegar, a șoarecilor din gunoi, se reproduc spontan, din materie nevie. Acest ansamblu de credințe poartă numele de „generație spontanee”. Altă noțiune obișnuită în cercurile academice ale secolului al XVII-lea era teoria preformării, potrivit căreia spermatozoidul sau ovulul (în funcție de școala filozofică) conține ființele microscopice pre-formate pentru toate generațiile, încă din timpul lui Adam și al Evei, ființe care așteaptă fertilizarea premergătoare declanșării unui mecanism misterios de creștere. Medicul și biologul italian Marcello Malpighi (1628–1694) a popularizat această teorie, dar zecile de ani de muncă asiduă, timp în care a fondat microscopia anatomică și a efectuat multe descoperiri importante în embriologie, anatomie și patologie, depășesc cu mult impactul negativ asupra progresului biologiei rezultat din încrederea sa în teoria preformării.

Fiziologul britanic William Harvey (1578–1657) a fost primul care a demonstrat că generația spontanee este imposibilă pentru că fiecare animal provine dintr-un ou, iar biologul italian Francesco Redi (1626–1697) a efectuat experimente în care a demonstrat că prezența viermilor în carnea intrată în putrefacție nu este spontană, ci se datorează unor ouă microscopice depuse de muște. De-a lungul a zeci de ani de cercetări asupra bacteriilor, protozoarelor și a altor forme simple de viață animală microscopică, celebrul producător olandez de lentile Antoni van Leeuwenhoek (1632–1723), care a îmbunătățit radical microscopul, a contribuit mult la dezavuarea teoriei generației spontanee. Totuși, el a fost unul dintre susținătorii teoriei preformării. În anii 1700, preotul și fiziologul italian Lazzaro Spallanzani (1729–1799) a susținut o serie de experimente care au dovedit că pentru apariția noilor animale este esențial contactul dintre ovul și spermatozoid.

Explicațiile biologice ale reproducerii au fost recunoscute și acceptate treptat pe parcursul secolului al XVIII-lea. Dar întregul domeniu al biologiei – înțelegerea tuturor ființelor vii – rămânea încă în stadiul incipient. Până prin 1830, punctul de vedere comun și unanim acceptat asupra lumii era că trăim pe o planetă stabilă și imuabilă, populată de specii imuabile, neschimbate, așa cum le-a creat Dumnezeu, și că El a creat Pământul special pentru ca acesta să adăpostească omul. Se considera că toate plantele și animalele sînt eterne în forma lor actuală – un punct de vedere ușor de înțeles, pentru că teoria unui univers în schimbare, cu un început și un sfîrșit, a apărut abia în secolul XX, o dată cu descoperirea Big Bang-ului și a mișcării de îndepărtare a galaxiilor, după cum am văzut în partea a IV-a. Sferele de cristal ale lui Aristotel fuseseră abandonate mult înainte de 1830, și după secole de explorări oamenii au acceptat ideea de „antipozi”, adică o emisferă sudică în care existau locuri diametral opuse centrelor civilizației occidentale. Totuși, nici faptul că Pământul se rotește în jurul axei și al Soarelui sau că legile fizicii newtoniene se aplică exact la fel în

Nova Zeelandă și în Marea Britanie nu înseamnă că Pământul în sine sau viața s-ar fi schimbat pe măsura trecerii timpului.

Cu excepția locului Pământului în sistemul solar, Biblia era încă interpretată literal. Universul a fost creat în șase zile. După cum am menționat în capitolul 9, arhiepiscopul James Ussher din Irlanda a calculat că anul Genezei ar fi 4004 î.Hr., *momentul* creației fiind situat pe 23 octombrie, într-o duminică, la ora 14:30. Această credință făcea ca existența umană să fie limpede și ușor de înțeles. Oamenii se simțeau bine știind că Dumnezeu nu ne ascunsese cu cruzime propriul nostru trecut, că nu ratasem nimic de la începutul universului, pentru că nu exista nici un univers, nici o istorie înainte de Biblie. Cuvântul „preistoric“ nu a intrat în vocabularul europenilor decât pe la mijlocul secolului al XIX-lea. Considerînd că speranța medie de viață era de 50 de ani, în cei 1800 de ani de istorie se scurseseră doar 116 generații de oameni. Astfel, omenirea apăruse din necunoscut în urmă cu 116 vieți de om, apăruse ca într-un fel de naștere. Credeam despre noi că sîntem copiii Domnului, inocenți și protejați, și că nu avem nici un motiv să punem la îndoială această credință. Ideea familiară de naștere era adoptată și la nivel de Creație. Dumnezeu l-a creat pe Adam și a dat naștere omenirii, așa cum se poate vedea în picturile lui Michelangelo de pe tavanul Capelei Sixtine din Roma. Arta și literatura civilizației occidentale au înrădăcinat puternic această credință în cultura noastră. Va fi nevoie de o altă revoluție pentru ca mințile noastre să extirpe această imagine.

Clasificarea și compararea ființelor vii generează întrebarea dacă formele de viață sînt imuabile

A șasea zi a Creației

Aristotel credea că în natură totul tinde spre perfecțiune, dorește perfecțiunea, unii (în special oamenii) avînd anumite realizări și alții (toate animalele inferioare) eșuînd în încercarea lor, atîta doar că materia vie nu evoluează în sens biologic. Elaborata lui filozofie a „Scării ființelor“ era o scară adevărată, care plasa la bază mineralele și în vîrf omul. Nimic nu se schimba pe această scară. Speciile erau niște jaloane de-a pururi imobile identificînd nivelurile de perfecțiune sau imperfecțiune care nu aveau nimic de-a face cu anatomia sau cu evoluția lor. Acest concept, coroborat cu acela din Geneză al Arcei lui Noe, descria perfect oamenii și puterea religiei care a dirijat rațiunea departe de orice idee de evoluție, permițînd ca teoria speciilor fixe a lui Aristotel să supraviețuiască timp de două secole ideii (tot a lui) de Pământ fix în cosmos.

În 1691, naturalistul și botanistul britanic John Ray (1627–1705) scria *Înțelepciunea Domnului manifestată în lucrările Creației*, carte în care

prezenta un tipar al ființelor viu bazat pe caracteristicile lor structurale și pe anatomia internă. Această operă, alături de multe altele, a perpetuat și rafinat conceptul aristotelic de organizare, identificare și clasificare logică a ființelor vii cunoscute la acea dată. Acestea au căpătat un nomenclator perfect rigid și imuabil. Totuși, paradoxal, acest nomenclator a dus la dezvoltarea anatomiei comparate, care mai târziu va deveni o parte importantă a teoriei evoluționiste. Altfel spus, teoria evoluției avea mai întâi nevoie de o imagine clară a similitudinilor anatomice și a diferențelor dintre specii, pe baza cărora să poată adopta idei.

Cea mai importantă personalitate în domeniul clasificării, descrierii și comparării a fost suedezul Carl Linnaeus (1707-1778). Marele antropolog și filozof modern Loren Eiseley descrie dragostea lui Linnaeus față de uluitoarea diversitate a vieții drept „o foame poetică a minții de a simplifica fiecare frunză, floare și pasăre... [Linnaeus] a fost geniul denumirilor *par excellence*...” În *Systema Naturae*, publicată pentru prima dată în 1735, Linnaeus a prezentat o metodă simplă și eficientă de denumire a tuturor animalelor și plantelor. Fiecare se identifica prin două nume. Primul era generic și denumea grupul (sau genul) de animale vizibil înrudite, cum ar fi, bunăoară, toate formele cu aspect de câine. Astfel, lupul este *Canis lupus*. Pe lângă gen și specie, reflectate în primul nume, sistemul lui Linnaeus (modificat și perfecționat de biologia modernă) are cinci niveluri cu un grad de specificitate tot mai pronunțat, fiecare aducând o categorie suplimentară. Astfel, cele șapte niveluri ale ființelor vii, începând cu cel mai mare și mai general, sînt:

Regnul: Animale, plante, ciuperci, protozoare, bacterii.

Tipul: De exemplu, în regnul animal există douăzeci de tipuri. Unul ar fi acela al cordatelor – toate animalele care prezintă un schelet axial (pești, șerpi, lilieci, oameni etc.).

Clasa: De pildă, o clasă de cordate sînt mamiferele, animale care au glande mamare pentru hrănirea puilor, avînd și caracteristici specifice (lilieci, balene, oameni etc.).

Ordinul: Bunăoară, un ordin de mamifere îl constituie primatele, care posedă toate caracteristicile descrise mai sus la mamifere și cordate, dar au în plus cinci degete la mîini și picioare, unghii în loc de gheare, mîini care pot prinde, degete opozabile și un creier relativ mare (cimpanzei, gorile, urangutani, oameni etc.). Oamenii fac parte din același regn, tip, clasă și ordin cu maimuțele antropoide.

Familia: De pildă, o familie de primat este aceea a hominidelor (care sînt și mamifere, și cordate), caracterizate prin capacitatea de a merge pe două picioare. Există cel puțin trei specii dispărute de hominide: *Homo erectus*, *Homo habilis* și *Australopithecus* (despre care vom discuta în capitolul 14) – și o specie actuală de hominide: *Homo sapiens*.

Genul: De exemplu, un gen de hominid este *Homo* (de la cuvântul latinesc care înseamnă „om“, nu de la grecescul „homo“, care înseamnă „același“), caracterizat printr-un creier mai mare și forma capului identică cu aceea a omului modern. Din nou, *Homo sapiens* este singura specie în viață care aparține genului *Homo*.

Specia: În genul *Homo* al familiei *Hominidae*, *Homo sapiens* (de la „sapiență“, înțelepciune) este singura specie existentă. Luând alt exemplu, cinteza lui Blackburn (*Dendroica fusca*) este una dintre speciile care țin de genul *Dendroica*, având alte 27 de specii, și de familia *Parulidae*, împreună cu alte 125 de specii. În termeni moderni, o specie înseamnă toți membrii unui grup care sînt genetic capabili să se încrucișeze și să creeze urmași fertili.

Sistemul lui Linnaeus a fost extrem de util în secolele XVIII și XIX, perioadă marcată de creșterea numărului de călătorii pe mare care s-au soldat cu descoperirea rapidă a mii de noi specii de animale și plante din Lumea Nouă, Australia, Africa și Orientul Îndepărtat. Faima lui Linnaeus a crescut datorită cunoașterii desăvîrșite și ordinii pe care a impus-o lumii vii. În mare parte ca urmare a inventării acestui sistem, pe vasele care efectuau călătorii au început să fie numiți oficial și naturaliști. La bordul unui asemenea vas s-a aflat și naturalistul Charles Darwin, ceea ce a avut o mare importanță în apariția teoriei evoluționiste.

În primele ediții ale cărții sale *Systema Naturae*, Linnaeus a promovat ideea de specii fixe, susținînd că speciile contemporane sînt exact așa cum au apărut ele în ziua a șasea a Creației. Sistemul lui de clasificare și gradare a evidențiat faptul că fiecare ființă vie posedă o formă specifică. Totuși, pe măsura trecerii timpului, Linnaeus a întâmpinat dificultăți tot mai mari în susținerea ipotezei de bază, aceea a speciilor imuabile, în fața paradoxului tot mai evident. Recunoscînd rezultatul încrucișării controlate și existența unor mici schimbări moștenite, numite mutații, el n-a mai fost sigur dacă „aceste specii sînt copiiii timpului sau dacă Creatorul a restrîns încă de la începutul lumii cursul dezvoltării la un număr limitat de specii“. Negăsind răspuns la această întrebare, el a scos din edițiile ulterioare ale cărții afirmația că speciile sînt fixe și că nu pot apărea altele noi. Astfel, sistemul lui Linnaeus nu numai că stătea la baza anatomiei comparate a ființelor, dar în același timp putea reflecta schimbarea la aceste ființe.

Geologia modernă, un copil născut mort pe vremea creaționismului

Timpul este important... Mamuți și tigri cu dinți-sabie

Încă din anul 560 î.Hr., filozoful grec Xenofan din Colofon (570–475 î.Hr.) descoperirea cochilii de scoici în straturile de roci aflate la mare altitudine în munții Greciei. El a considerat că aceste scoici au ajuns să

fie îngropate de o inundație catastrofală. La jumătatea anilor 1600, naturalistul francez Isaac de la Peyrere (1594–1676) a publicat o carte despre niște pietre de o formă ciudată, culese în zona rurală a Franței, sugerînd că acestea fuseseră modelate de omul primitiv care a trăit acolo înainte de vremea lui Adam. De la Peyrere a fost amenințat cu moartea, cartea lui fiind arsă în public în 1655.

Apoi, în 1749, naturalistul francez Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707–1788) a publicat primul din cele 44 de volume ce alcătuiesc opera sa consacrată istoriei naturale. Acest studiu monumental reflecta ideile revoluționare ale lui Buffon în domeniile geologiei și biologiei, reprezentînd prima lucrare care aborda aceste subiecte științific. El a tras concluzia că unele specii de animale au dispărut, sugerînd discret că animalele ar putea suferi un soi de schimbare evoluționistă. Tot el a afirmat că unele mamifere ar putea avea strămoși *comuni*, diferiți de mamiferele existente la acea dată. Oamenii de știință și teologii au criticat ideile despre evoluție ale lui Buffon, ca și conceptul lui de istorie geologică împărțită pe epoci și sugestia de a se folosi o scară a timpului care să ajungă pînă la 35 000 de ani pentru a explica stratificarea și istoria vieții pe Pămînt. Așa cum Biserica Catolică l-a obligat pe Galilei să abjure în 1633, Comitetul Teologic de la Universitatea din Paris l-a somat pe Buffon să retracteze în scris anumite pasaje pentru a evita cenzura: „Retrag toate afirmațiile din cartea mea referitoare la formarea evoluției și la principiul selecției naturale pe Pămînt“, scria Buffon, „și la tot ce ar putea contrazice preceptele lui Moise“.

În 1771, Johann Friedrich Esper (1732–1781) a descoperit într-o peșteră din Germania oseminte omenești alături de schelete ale unor urși dintr-o specie dispărută. În 1790, în apropiere de Hoxne, Anglia, arheologul britanic John Frere (1740–1807) a dezgropat obiecte de silex datînd din epoca de piatră, precum și oase ale unor animale care nu mai existau pe Pămînt. În alte locuri din Europa s-au descoperit craniile umane și numeroase alte tipuri de fosile, toate alcătuind o imagine care nu putea fi regăsită în Biblie, o imagine a unui Pămînt locuit pe vremuri de mamuți, de rinoceri păroși, de tigri cu dinți-sabie și de multe alte specii în prezent dispărute.

Totuși, în afara dovezilor fosile privind aspectul *biologic* al unei teorii atît de revoluționare ca evoluționismul, mai era necesar să se demonstreze că a existat *suficient timp* ca această evoluție să aibă loc. Buffon speculase pe marginea acestei idei, dar dovada crucială era ascunsă în pămînt, așteptînd să fie descoperită în urma unor observații și analize atente, efectuate de aceia care aveau să întemeieze un domeniu al științei cu totul nou. După mulți ani de asemenea observații și cercetări, James Hutton (1726–1797) din Scoția a prezentat, în fața Societății Regale din Edinburgh, în 1785, prima analiză bine documentată asupra vîrstei Pămîntului într-o lucrare numită *Teoria Pămîntului*. Hutton înfățișa o imagine foarte convingătoare: *Solurile se formează din sfărîmarea rocilor; mările și*

forța valurilor erodează coastele marine, straturile de sedimente se acumulează; apoi ciclurile generale de sedimentare, ridicare a dealurilor și munților și eroziunea se pot vedea peste tot. Cu această lucrare, Hutton a creat din nimic o nouă știință, geologia, devenind părintele geologiei moderne. El a formulat principiul fundamental pe care se bazează geologia actuală, acela al uniformitarismului sau al uniformității, potrivit căruia rocile și alte materiale anorganice de pe Pământ se formează și sînt modificate de o serie continuă și în general uniformă de fenomene naturale, cum ar fi ploaia, vîntul, marea oceanice și mișcările lente ale scoarței terestre. Hutton recunoștea și impactul unor catastrofe, cum ar fi inundațiile sau cutremurele, dar numai ca excepții de la procesele geologice ale uniformitarianismului. „Prezentul este cheia trecutului“, afirma Hutton, prin aceasta înțelegîndu-se că toate condițiile responsabile pentru fenomenele geologice trecute există și astăzi. Altfel spus, fenomenele trecutului pot fi pe deplin explicate prin procesele curente, la care se adaugă *factorul timp*.

La zece ani după expunerea făcută în fața Societății Regale, Hutton a întocmit o analiză mult mai cuprinzătoare, într-o operă în două volume, *Teoria Pământului*. El a formulat clar ideea că Pământul are cel puțin cîteva sute de mii de ani vechime. „Cugetînd pe malul unui pîrîu din Scoția care căra sedimente spre mare“, scrie Loren Eyseley, „James Hutton a simțit greutatea întregului continent lunecînd neliniștit pe sub el și a văzut parcă aievea cum orașe și imperii zboară, imateriale ca un nor de vară... El a descoperit un lucru intangibil, împotriva căruia mintea umană se blindase de multă vreme... timpul.“ Hutton a deschis această largă fereastră temporală, permițînd altora să plaseze într-un context potrivit numărul tot mai mare de fosile descoperite.

În ciuda forței și a puterii de convingere prin care se caracterizau scrierile lui Hutton, mulți oameni de știință au pus la îndoială uniformitarianismul. Ei nu puteau accepta nici o idee care intra în conflict cu punctul de vedere dominant, al catastrofismului, potrivit căruia formațiunile geologice sînt rezultatul unor evenimente și desfășurări catastrofale, cum ar fi potopul lui Noe sau crearea Pământului de către Dumnezeu cu 5800 de ani mai înainte de a deveni leagănul omenirii. Mulți l-au etichetat pe Hutton drept eretic, dar tot mai numeroși oameni de știință au înțeles că teoria catastrofismului trebuie abandonată ca principiu viabil sau modificată pentru a încorpora și teoriile lui Hutton, dar fără a se abate de la preceptele teologiei creștine.

În 1796, zoologul și omul de stat francez Georges Cuvier (1769–1832) a început să strîngă propriile dovezi asupra istoriei geologice a Pământului. În timp ce predă istoria naturală la Collège de France, Cuvier a descoperit oase de mamut mișos lîngă Paris, salamandre gigantice, reptile zburătoare și alte specii dispărute. Fosilele lui indicau o corelație între straturile de

rocă și dezvoltarea sau schimbările suferite de speciile dispărute. Altfel spus, cu cât era mai adânc stratul, cu atât mai puțin asemănătoare erau animalele din stratul respectiv cu cele de azi, comparativ cu fosilele din straturile mai recente. Cu ajutorul mineralogilor, Cuvier a încercat să-și imagineze modul în care s-au îngropat în pământ oasele acestor animale fascinante. El a întemeiat astfel disciplina științifică nouă a anatomiei comparate (pornind de la bazele puse de Linnaeus) prin strălucitele sale scrieri, dintre care se remarcă *Lecții de anatomie comparată* (1800), în care formula principiul „corelării părților“, și *Cercetări asupra oaselor vertebratelor fosile* (1812).

S-ar putea crede că Georges Cuvier nu va avea de ales decât să confirme teoriile lui Hutton, de vreme ce straturile cu scoici, oasele și diversele tipuri de rocă, dovezile din lacuri și mări și retragerea apei, urmată de o nouă eră marină, dezvăluiau trecutul Pământului. Dar Cuvier era un om profund credincios și a considerat de datoria lui să reconcilieze dovezile acestor faze ale proceselor geologice cu un Pământ care nu are mai mult de 6000 de ani, ceea ce l-a situat în poziția ingrată de principal exponent al catastrofismului. Prin urmare, el a tras concluzia că ideea populară de catastrofism este corectă și că James Hutton greșise. Cuvier a susținut că o serie de inundații imense au provocat sedimentarea și dispariția speciilor. El și-a expus versiunea proprie de catastrofism începând din 1812 și a scris tratate pentru a o susține: *Teoria Pământului*, în 1815, iar în 1825, *Discurs asupra revoluțiilor globului terestru*, în ciuda faptului că Hutton era tot mai mult susținut de lucrările noi apărute în lume, cum ar fi *Sistemul stratigrafic al fosilelor organizate*, lucrare scrisă în 1817 de William Smith (1769–1839). Cuvier a susținut în continuare că speciile cruțate de ridicările bruște ale pământului și de potop au repopulat Pământul. El credea că speciile noi ar proveni din locurile încă neexplorate ale Pământului. Nefericitul rezultat al operei lui Cuvier a fost că el a dat apă la moară diverșilor creaționiști ai secolului XX.

Fără o reprezentare realistă a ideii de timp geologic, catastrofismul a rămas un punct de vedere foarte popular, păstrînd ceea ce avea să fie ultima suflare a aristotelismului în biologie și perpetuînd ideile originii divine și ale caracterului imuabil al speciilor.

Timpul geologic devine o realitate, dar teoria evoluționistă rămîne slabă, nefiind susținută de prea multe dovezi

După chipul și asemănarea maimuței

Înainte de secolul al XIX-lea, teoria evoluției a fost susținută în principal de scrierile lui Erasmus Darwin (1731–1802) – bunicul lui Charles Darwin – și ale lui Jean-Baptiste Lamarck (1744–1829). Erasmus Darwin era un

reputat doctor englez, dar în același timp se remarcase și ca un gânditor radical, înzestrat cu multă inventivitate. Potrivit versiunii lui despre teoria evoluționistă, speciile se modifică adaptându-se la mediu printr-un efort întrucâtva conștient. Doctrina lui a primit numele de teoria caracteristicilor dobândite.

Jean-Baptiste Lamarck, contemporan cu Erasmus Darwin, a fost cel mai bine cunoscut dintre ei și a promovat o filozofie evoluționistă similară. Francezul Lamarck era botanist și biolog și s-a remarcat prin contribuții importante la clasificarea corectă a plantelor și animalelor (clasă, ordin, gen etc.). În lucrarea sa din 1809, *Filozofia zoologică*, el a expus două principii care, în concepția lui, explicau marea diversitate și dezvoltare a formelor de viață. Funcția creează organul și acesta, prin nefolosire, se atrofiază, iar schimbările respective se transmit progeniturilor. De pildă, el credea că girafele au gâtul lung pentru că se întind după frunzele din copaci. Era un fel de „darwinism invers“, în care animalele mai degrabă își controlau propriul destin, în loc să fie modelate de mediu. Această simplă ipoteză nu avea la bază o teorie științifică și nici dovezi concludente.

Versiunea lui Lamarck asupra caracteristicilor dobândite reprezenta o combinație între propria lui idee despre planul lui Dumnezeu și Scara Ființelor a lui Aristotel. Lamarck susținea că viața tinde să ajungă la niveluri cât mai înalte pentru a perfecționa Creația. Deși el a înțeles că schimbările mediului fizic duc la modificări în planul necesităților ființelor vii, el a denunțat aceste schimbări ale mediului ca fiind niște factori de *interferență* în capacitatea animalelor de a atinge perfecțiunea, în conformitate cu scopul final al Domnului. Ca și alți evoluționiști ai secolului al XVIII-lea, și el concepea variațiile ca având limite precise. De pildă, un porumbel gri și unul alb pot să aibă un strămoș comun cu multe generații în urmă, dar cu siguranță lupul, câinele și ursul nu au un asemenea strămoș comun. Vederile generale ale lui Lamarck erau interesante și controversate, fiind susținute de mulți biologi de la începutul secolului al XIX-lea. Totuși, incapacitatea și refuzul lui de a prezenta date concrete în sprijinul teoriilor sale au dus în cele din urmă la ostracizarea lui. Lamarck a murit orb și sărac.

Așadar, în anii 1820 nimeni nu văzuse întregul adevăr prin fereastra deschisă de Hutton. Legătura dintre geologie și biologie încă nu devenise coerentă. Linnaeus crease sistemul de clasificare a ființelor vii pe șapte niveluri; oamenii începuseră să vadă la microscop celulele și să-și pună întrebări cu privire la stadiile dezvoltării ființelor; Hutton adusese argumente foarte convingătoare în sprijinul teoriei uniformitarismului, dar catastrofismul lui Cuvier a anulat viziunea ce admitea existența perioadelor geologice necesare; Buffon, Erasmus Darwin și Lamarck erau cunoscuți în cercurile intelectuale pentru sugestia lor că s-ar putea ca animalele să nu fie chiar atât de imuabile pe cât se crezuse înainte, dar procesul și forța

motrice din spatele evoluției rămîneau destul de vagi, pe marginea acestui subiect formulîndu-se numeroase speculații. Ideile despre evoluție și vîrsta foarte înaintată a Pămîntului erau susținute de voci încă firave, reduse la tăcere de adepții fixismului și catastrofismului, adepți cu mare aderență la public.

În perioada de glorie a lui Cuvier în Europa, la începutul secolului al XIX-lea, un geolog englez numit Charles Lyell (1797–1875) a examinat formațiunile geologice și fosilele mult mai detaliat decît toți predecesorii săi. În 1830, el a publicat *Principiile geologiei*, carte în care a adoptat punctul de vedere al lui Hutton și a demonstrat mult mai convingător că, în ciuda sentințelor lui Cuvier, catastrofismul este pur și simplu absurd. Evident, catastrofe au loc din cînd în cînd, dar forțele naturale ale vîntului, apei și pămîntului în mișcare operează în general încet și uniform.

Lyell și-a susținut principiile cu un număr fără precedent de exemple culese în timpul călătoriilor sale prelungite în jurul lumii. În fața acestor dovezi covîrșitoare, oamenii au început, în sfîrșit, să accepte conceptul de proces geologic uniform și lent. Pentru prima oară în istorie apărea ideea că Pămîntul ar putea să aibă vîrste de *milioane* de ani. Și dacă, totuși, Pămîntul a suferit schimbări? Dacă formațiunile anorganice ale rocilor, plajelor și munților s-au erodat și au dat naștere unor configurații cu totul altele? Noile tendințe din geologie au început să acționeze în favoarea lui Hutton. Lyell și tinerii naturaliști nu se mai încurcau cu trecutul.

Cu toate acestea, chiar dacă Pămîntul era mai bătrîn decît se crezuse inițial și suferise schimbările descrise de Lyell, în continuare părea inacceptabilă – din punct de vedere științific, filozofic și religios – ideea că *viața însăși* evoluase. Prin urmare, în 1830, cînd paleontologul belgian Philippe-Charles Schmerling (1791–1836) a descoperit în Belgia obiecte din piatră și două cranii umane alături de schelete de rinoceri dispăruți și mamuți, proximitatea acestora a fost pusă pe seama unei coincidențe sau a unei fraude. În 1838, arheologul și scriitorul francez Jacques Boucher de Perthes (1788–1868) a găsit un mare număr de topoare din silex și alte obiecte de piatră lîngă Abbeville, în nordul Franței, toate pîrînd foarte vechi și produse de mîna omului. Boucher de Perthes și-a prezentat descoperirile în fața comunității științifice concomitent cu o teorie proprie conform căreia aceste topoare confecționate manual erau opera oamenilor primitivi care existaseră înainte de Potopul descris în Geneză. În ciuda acestor dovezi și a altora, tot mai numeroase, teoriile și scrierile lui Boucher de Perthes au fost ignorate, așa cum descoperirile lui Isaac de la Peyrere fuseseră respinse în anii 1600, pentru că, în lipsa tehnicilor de datare radioactivă și a capacității de a analiza chimic aceste materiale, nu exista nici o metodă științifică pentru a dovedi vîrsta acestora.

Prin urmare, deși principiile geologice enunțate de Lyell continuau să cîștige tot mai mulți adepți, iar totul ducea spre chestiunea crucială a

vîrstei Pămîntului și a ființelor care îl populau, de aici nu rezulta automat evoluția. Pur și simplu, reieșea că formele imuabile de viață create de Dumnezeu puteau să existe de mai mult de 5800 de ani. Una era să accepți un Pămînt în schimbare și o scară temporală biologică mai extinsă, și alta să admiți că formele de viață se schimbă, idee încă interzisă, vehiculată doar de unii filozofi extravaganti. Rămînea în vigoare punctul de vedere exprimat de John Ray: „Orice s-ar spune despre antichitatea Pămîntului însuși și a corpurilor vii de pe el, specia umană este nouă“.

Tot mai numeroasele dovezi privind omul primitiv și obiectele confecționate de el, și speciile animale dispărute, precum și lipsa totală de fosile ale speciilor existente, la care se adăugau operele lui Buffon, Lamarck și Erasmus Darwin, făceau să persiste o întrebare: *Oare ființele evoluează?* Dacă lumea nonorganică evoluează în timp, după cum arătaseră Hutton și Lyell, este oare posibil ca și lumea organică să fi evoluat în timp? Care este originea acestor specii de animale dispărute? De unde provin oasele umane din peșteri? Oare omul a fost cîndva primitiv, așa cum sugerau uneltele și oasele găsite? *A fost vreodată omul mai puțin om?* Iată cîteva întrebări potențial explozive.

Cîtă vreme speciile erau imuabile în forma lor prezentă și schimbările Pămîntului puteau fi atribuite unor cauze bruște, catastrofale, cum ar fi Potopul lui Noe, între teologi și oamenii de știință domnea pacea. Așa au stat lucrurile în primele decenii ale secolului al XIX-lea, cînd s-a menținut un armistițiu nedeclarat, pentru că biologii și geologii făcuseră tot posibilul pentru a împăca descoperirile lor cu Scripturile. Dar teoria Pămîntului în schimbare lansată de Hutton și Lyell, coroborată cu tentativele de formulare a unei teorii evoluționiste au marcat începutul sfîrșitului acestui firav compromis.

Împotriva cuvîntului Domnului, Copernic, Kepler, Galilei și Newton scosese omenirea din centrul universului. Acum, alt eretic era pe cale să privească prin fereastra deschisă de Hutton și Lyell și să descrie o priveliște de neînchipuit. Prezentîndu-și viziunea, acest om jignește profund omenirea, arătînd că pictura lui Michelangelo de pe tavanul Capelei Sixtine trebuie redesenată, pentru că oamenii *nu* mai erau creați după chipul și asemănarea lui Dumnezeu, iar degetul care îi dădea viață lui Adam nu-i aparținea lui Dumnezeu. *Eră degetul unei maimuțe.*

Capitolul 13

Amprenta de neșters a originii noastre

„Acea personalitate măreață care face sinteze globale, care modifică viziunea unei generații, care produce brusc o schimbare a felului în care vedem lumea este sortită să devină cel mai invidiat, mai temut și mai urât om printre contemporanii săi.”

LOREN EISELEY
Secolul lui Darwin (1958)

Într-adevăr, cea mai îndrăzneată și mai controversată revelație a secolului al XIX-lea și poate din întreaga istorie a fost teoria evoluționismului pe calea selecției naturale, descoperită de Charles Robert Darwin (1809–1882). Această teorie a declanșat patimi înflăcărâte în rîndul contemporanilor lui Darwin, perpetuîndu-se și pe parcursul generațiilor care au urmat. Unii l-au aclamat ca pe un geniu, alții ar fi fost în stare să-l ardă pe rug.

Darwin pornind la drum pe *Beagle*

Cintezele și struții îi oferă indicii

Darwin și-a pierdut mama la vîrsta de opt ani și a fost crescut de sora sa mai mare, Caroline. A urmat cursurile unor școli private foarte selecte, dar nu s-a dovedit un elev strălucit, fiind preocupat „de nimic altceva decît de arme, de cîini și de prinderea șobolanilor“, după cum scria tatălui, un doctor bogat. Prin analogie cu comentariile de mai tîrziu ale tatălui lui Einstein, Darwin-tatăl i-ar fi spus fiului: „O să faci de rîs întreaga familie și pe tine“. După ce a fost dat afară de la Facultatea de Medicină de la Universitatea din Edinburgh, Darwin a absolvit teologia la Christ's College din cadrul Universității Cambridge din Anglia, în 1831, avînd intenția serioasă de a fi deveni pastor al Bisericii Anglicane. Dar nu s-a grăbit să intre în slujba Bisericii, pentru că de obicei se aștepta un an-doi pînă să apară un post liber de diacon sau altă funcție. Tatăl lui Darwin a fost de acord să-l întrețină în timp ce aștepta eliberarea unui post. În perioada studenției manifestase interes față de științele naturii și de aceea s-a gîndit că n-ar strica să participe la o călătorie pe un vas comercial în calitate de „geolog“ și să viziteze alte părți ale lumii pentru a-și îmbogăți

cunoștințele înainte de a pecetlui legătura de o viață cu clerul. El își admirase mult profesorul de botanică, John Stevens Henslow (1796–1861), care a făcut din botanică și biologie discipline foarte populare la universitate și care s-a împrietenit cu Darwin însă acesta nu se gândise niciodată să facă o profesiune din această știință. Dar în 1831, Darwin a primit o scrisoare de la un funcționar guvernamental numit George Peacock, scrisoare care avea să-i schimbe ideile despre importanța biologiei. În ultimă instanță, aceasta se va repercuta asupra întregului curs al istoriei umane.

Dragă domnule,

Căpitanul FitzRoy... va porni la sfârșitul lui septembrie cu o corabie pentru a cerceta... coasta de sud a Țării de Foc și după aceea va călători în insulele Mărilor Sudului și se va întoarce via Arhipelagul Indian în Anglia. Această expediție are un caracter pur științific, iar corabia va aștepta cu dvs. să cercetați în liniște aspectele legate de istoria naturală... Amiralitatea nu vă oferă nici un salariu, dar o să vă dea o numire oficială. Dacă totuși se va solicita un salariu, înclin să cred că veți avea câștig de cauză...

Cel care l-a recomandat pe Darwin pentru un post de naturalist oficial pe vasul științific al Marinei Britanice *Beagle* a fost profesorul Henslow. Era o ocazie unică – o călătorie în jurul lumii pentru colectarea și identificarea fiecărui exemplar de plantă și de animal întâlnit pe drum. Era botanică și biologie la cel mai înalt nivel din epocă: se clasificau ființele și se introduceau în sistemul înființat de Carl Linnaeus. Călătoria nu ar fi depășit doi ani, la capătul cărora Darwin plănuia să reia așteptarea unui post în ierarhia bisericească.

A fost ales, deși era *a treia* opțiune, pentru postul de naturalist.

Primul căruia i s-a propus postul de naturalist pe *Beagle* a fost Leonard Jenyns (cumnatul lui Henslow). A doua opțiune era profesorul Henslow însuși. Jenyns a respins oferta, din cauza angajamentelor asumate față de parohiile lui, iar Henslow a renunțat din cauza obiecțiilor formulate de soția sa. Darwin era cît pe ce să fie lăsat pe țărm din cauza unei dispute, dar și a filozofiei politice diferite față de cea a temperamentalului căpitan Robert FitzRoy (1805–1865). De asemenea, nici tatăl lui Darwin n-a fost inițial de acord cu această întreprindere, dar în cele din urmă a cedat, la rugămințile unchiului lui Darwin, Josiah Wedgwood, celebrul proiectant și producător britanic de produse ceramice.

După toate acestea și după o serie de întârzieri provocate de vremea nefavorabilă, *Beagle* a ridicat ancora la ora 11 dimineața pe 27 decembrie 1831, avînd la bord un echipaj redus. Charles Darwin era înghesuit în cabina lui minuscule, în care abia putea să își întindă cei 1,93 m, cu un

hamac lung de doar 1,50 m și foarte puține bunuri personale. Vasul i-a dus pe Darwin și restul echipajului de la Plymouth, Anglia, în Insulele Canare, apoi pe țărmul estic al Americii de Sud, urmînd coasta vestică a Insulelor Galapagos. Au urmat Noua Zeelandă, Australia, Tasmania, Madagascarul, ocolul Capului Bunei Speranțe, Insulele Ascension, din nou Brazilia și în sfîrșit acasă.

Unicul lui obiectiv în timpul acestei călătorii a fost colectarea mostrelor de roci, fosile, animale marine, plante și animale de pe țărmurile din apropierea porturilor la care oprea corabia. Responsabilitățile lui de naturalist includeau și pregătirea adecvată și prezervarea specimenelor, ca și împachetarea și trimiterea lor în țară, pe adresa profesorului Henslow, pentru observare, catalogare și analiză. Cercetînd cu atenție toate aceste forme de viață, existente sau dispărute, ca și formațiunile geologice înconjurătoare, Darwin a început să vadă în profunzime relația dintre geologia în schimbare și formele de viață pe care le susține aceasta. El era influențat în special de *Principiile geologiei*, cartea lui Lyell, un dar de plecare din partea lui Henslow. Darwin a descoperit la fața locului ciclurile despre care vorbea Lyell, coroziunea provocată de valuri, dispariția pădurilor și a rocilor, ridicarea treptată a solului, ca și eroziunea produsă de apele curgătoare.

Contrar părerii generale, Darwin nu și-a conceput teoria în timpul celor treizeci și șase de zile petrecute în Galapagos, timp în care *Beagle* s-a ocupat de cartografierea țărmurilor, în toamna lui 1835. Dar Galapagos i-a furnizat lui Darwin o piesă esențială a enigmei datorită marii varietăți a vieții animale de acolo. Darwin a studiat cintezele pe care le-a prins pe două insule diferite și a descoperit deosebiri dintre ele în privința formei ciocurilor. El a observat, de asemenea, că broaștele țestoase au carapace de forme, culori, grosimi, lungimi ale gîturilor și ale picioarelor diferite, pe diversele insule ale arhipelagului. Caracteristicile fizice diferite ale acestor animale și ale altor specii de pe cele șaisprezece insule l-au determinat pe Darwin să facă speculații asupra deosebirilor constatate. Oare pe fiecare insulă s-au dezvoltat specii diferite? Experiența lui din Galapagos l-a condus și la formularea unor întrebări mai cuprinzătoare: De ce există animale similare în locuri foarte diferite? De ce struțul sud-african este atît de asemănător cu pasărea rhea din America de Sud? Dar atunci de ce fosilele animale găsite în Galapagos nu sînt *identice* cu formele *vii* existente acolo? Călătoria a dat naștere multor întrebări, dar și unor îndoieli asupra adevărului literal al Cărții Genezei. Spre sfîrșitul celor cinci ani revelatori, Darwin a început să cerceteze cu mare atenție fiecare specimen întîlnit și să alcătuiască un nou tipar, revoluționar, al organismelor *vii*.

Călătoria fusese programată să dureze doi ani, dar s-a sfîrșit după cinci din cauza vremii rele, a dificultăților de ordin tehnic, a nevoii de a

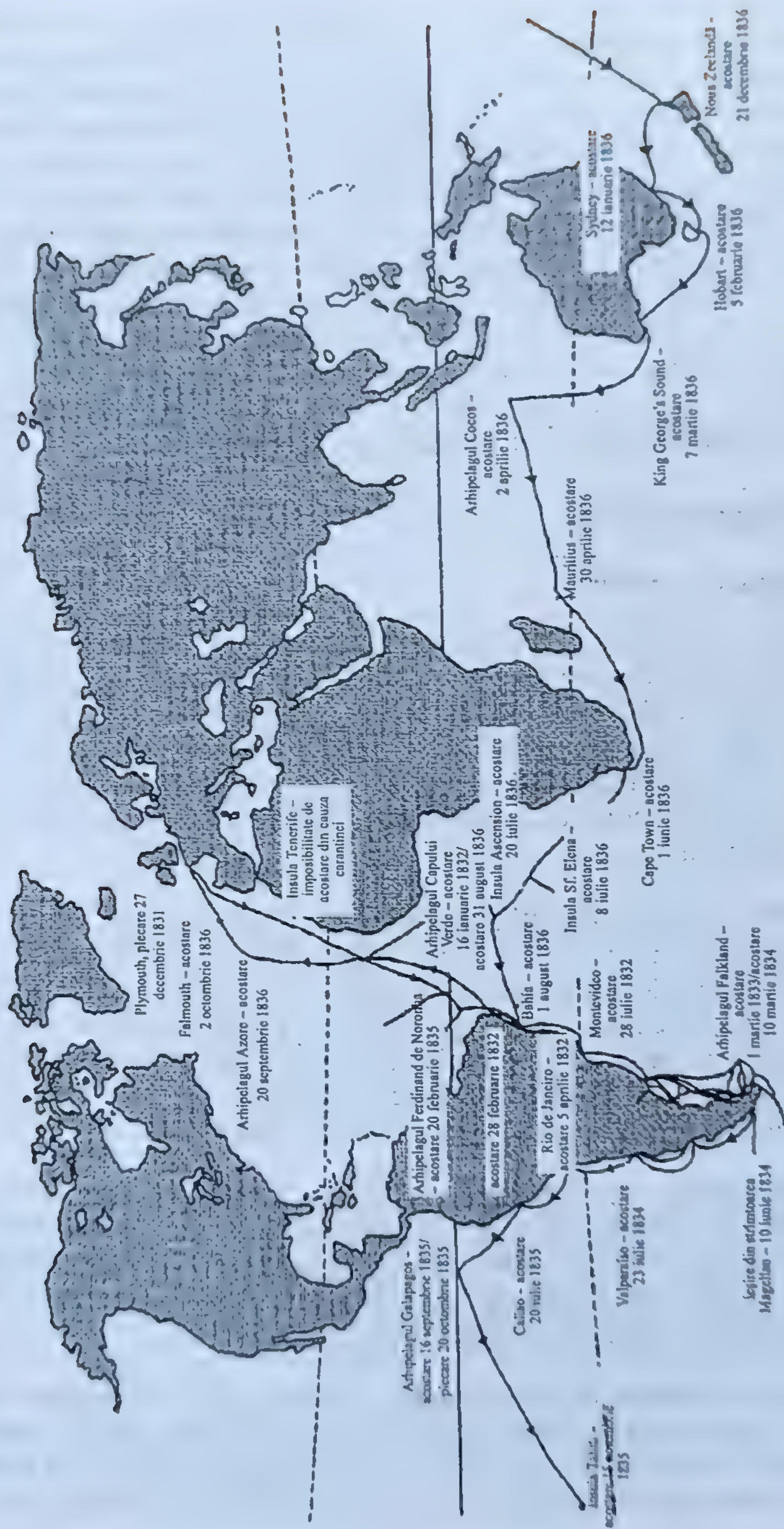


Figura 13-1. Expediția Beagle, 1831–1836.

revedea locurile în care se făcuseră măsurători cronate și a tuturor evenimentelor neașteptate într-o călătorie în largul mării cu o corabie mică, la începutul anilor 1800. La ora sosirii lui *Beagle* în portul Falmouth pe 2 octombrie 1836, Darwin își câștigase deja o oarecare notorietate în Anglia datorită uriașei colecții de specimene pe care le adunase și i le trimisese lui Henslow pe durata călătoriei. Curînd după întoarcerea sa, el a început să prezinte o serie de lucrări în fața unor selecte grupuri științifice, cum ar fi Societatea Geologică din Londra, pe cele mai diverse teme, începînd cu oasele fosile pe care le dezgropase pe țărmurile stîncose ale Americii de Sud și terminînd cu teoria sa despre formarea coralilor.

Fascinat de imensa varietate de specii, de relațiile lor reciproce și de întrebările pe care și le punea asupra istoriei lor, Darwin a renunțat la cariera preoțească pentru a o îmbrățișa pe aceea de naturalist.

Se naște teoria evoluției

Un strămoș comun

La mijlocul lui iulie 1837, Darwin începe să-și scrie jurnalul consacrat subiectului care prinsese contur în mintea lui pe insulele Galapagos: *transmutația speciilor*. El evita deliberat să folosească termenul de *evoluție* și prefera denumirea de *transmutație* pentru a sublinia faptul că speciile de plante și de animale se schimbă ca reacție la mediul înconjurător, dar se pot menține în cadrul aceleiași specii. Ulterior, el avea să descrie cum a ajuns să abordeze acest subiect:

Aflat la bordul vasului Majestății Sale *Beagle* în calitate de naturalist, am fost surprins de distribuția organismelor în America de Sud și de relațiile geologice ale locuitorilor actuali cu cei din trecutul acestui continent. Asemenea fapte par să arunce lumină asupra originii speciilor... La întoarcerea acasă, în 1837, m-am gîndit că această enigmă poate fi rezolvată prin răbdătoarea acumulare de fapte menite să elucideze subiectul și prin reflecția atentă asupra acestora.

Cam în aceeași vreme, lui Darwin i-a căzut în mînă cartea *Eseu asupra principiului populației* a celebrului economist și demograf Thomas Malthus (1766–1834), în care acesta susținea că populația umană și cerințele ei vor depăși întotdeauna producția de hrană și de alte elemente necesare vieții. Darwin a descris astfel concepția lui Malthus:

Există o tendință permanentă a organismelor vii de a crește numeric peste hrana pregătită pentru ele... Natura a împrăștiat semințele vieții cu o mînă darnică și fără a face discriminări, dar a fost foarte zgîrcită cu spațiul și cu hrana necesară pentru dezvoltarea lor...

Populația are tendința constantă de a crește dincolo de mijloacele sale de subzistență.

Pe cînd îl citea pe Malthus, în octombrie 1838, Darwin a avut o mare revelație:

Fiind în măsură să apreciez lupta pentru existență care se desfășoară peste tot, brusc m-a străfulgerat gîndul că în aceste condiții variațiile favorabile vor fi păstrate, iar cele nefavorabile distruse. De aici va rezulta apariția de noi specii. Aveam cel puțin o teorie ca punct de plecare.

Darwin a preluat observația lui Malthus și a aplicat-o la propriile observații asupra speciilor de animale și plante. El a înțeles că potențialul reproductiv al plantelor și animalelor depășește cu mult rata necesară pentru a menține la un nivel constant populațiile acestor animale și plante; și totuși, populațiile rămîn practic constante. Bazîndu-se pe acest lucru, Darwin a tras concluzia că plantele și animalele care supraviețuiesc intensei competiții dintre toate ființele trebuie să fie mai bine dotate pentru a trăi în mediul respectiv decît acelea care nu supraviețuiesc. Animalele de pradă se luptă pentru hrană și teritoriu, erbivorele pentru cele mai bune pășuni, plantele concurează pentru spațiul în care se dezvoltă și proliferază, masculii multor specii luptă pentru a fi acceptați de femele. Cel mai rapid, mai puternic și mai deștept va învinge, iar acele caracteristici vitale vor fi moștenite de urmașii lor. Selecția naturală asigură transmiterea caracteristicilor care măresc șansa de supraviețuire și elimină schimbările nefavorizante. Deși știința geneticii încă nu exista, Darwin a presupus că anumite calități esențiale ale prădătorului, ierbivorului, plantei sau masculului victorios care supraviețuiește se transmit *cumva* în celulele sale de reproducere: „Toate aceste rezultate... decurg din lupta pentru existență. Această luptă duce la apariția unor variații care ajută indivizii unei specii... care tind să prezeve acești indivizi și care în general se vor transmite progeniturilor...”

Aceasta era teoria evoluționistă: *Caracteristicile care contribuie la superioritatea și succesul unui animal se păstrează și se transmit generațiilor următoare, fiecare specie adaptîndu-se treptat și continuu pe măsură ce mediul în care trăiește acel animal se schimbă sub aspectul climei, al geografiei, al hranei disponibile, al adaptării animalelor de pradă etc.* Răspunsul lui la întrebarea pe care și-a pus-o inițial în Galapagos era strălucit prin simplitatea lui: speciile de plante și animale suferă o modificare pentru că membrii cel mai bine înzestrați ai speciei supraviețuiesc mediului care se schimbă treptat. Ei se adaptează și evoluează împreună cu mediul înconjurător. Dacă nu reușesc, atunci mor,

iar dacă mor destul de mulți indivizi, în cele din urmă specia se stinge. Prin urmare, cele mai multe specii dispărute sînt pur și simplu niște forme timpurii ale urmașilor lor care proliferază astăzi. Deși au fost specii ai căror indivizi au murit în masă, cum ar fi dinozaurii, cele mai multe fosile reprezintă specii dispărute care nu au murit brusc, fără să producă urmași: pur și simplu, de-a lungul mileniilor, aceste specii au evoluat în modele „mai bune“.

Și totuși, în prezent există circa un milion de specii de animale – între care 751 000 de specii de insecte –, un milion de modele ulterioare mai bune, nu unul singur. Deci, dacă membrii individuali cu trăsături favorizate de natură sînt liberi să se împerecheze cu toți membrii speciei, cum a rezultat din selecția naturală acest număr imens de specii? Răspunsul constă în „speciație“, capacitatea unei specii de a se separa și a se diviza în alte subspecii și mai ales într-un aspect anumit al „speciației“, numit „izolarea reproductivă“. Aceasta poate surveni în mai multe feluri, de obicei din cauza unor evoluții geografice sau fizice care înalță bariere sau creează distanțe între membrii aceleiași specii: râuri care își schimbă cursul, formarea de munți, deriva continentelor. De asemenea, grupuri de indivizi dintr-o anumită specie ajung adesea în zone noi în căutarea unei surse mai abundente de hrană sau a unui mediu de reproducere. Oricare dintre aceste situații poate determina un anumit grad de izolare, ceea ce va orienta organismul și grupul într-o direcție care (combinată cu mutația și selecția naturală) creează un model genetic diferit de cel inițial, cu care fusese identic. Astfel, două grupuri nu se mai pot reproduce încrucișat, nu mai pot produce urmași fertili. În locul unei singure specii au apărut acum două. Acolo unde existau două specii, curînd vor fi patru. Astfel, vulpile, lupii, urșii, coioții și cîinii au un strămoș comun. Asemănător, *Eohippus* („calul zorilor“) s-a ramificat în urmă cu peste 50 de milioane de ani în rinoceri, tapiri, zebre, măgari și caii de astăzi.

Aceleași principii ale selecției naturale se aplică tuturor organismelor, de la bacteriile unicelulare la cea mai mare balenă. De pildă, anumite tipuri de acarieni, care sînt niște ființe microscopice înrudite cu păianjenii, își găsesc adăpost în plămîinii maimuțelor, în fosele nazale ale focilor și în tuburile respiratorii ale albinelor. Remarcabil, acarienii speciei *Demodex folliculorum* trăiesc în porii pielii care acoperă fața și pleoapele noastre. Ei mănîncă, se înmulțesc și depun ouă în aceste ecosisteme minuscule, dar evident ideale pentru ei.

Există mii de tipuri diferite de acarieni și fiecare s-a adaptat într-o nișă specifică în ecosistem pentru a supraviețui. Prezența acarienilor în pielea unui om nu este un semn al lipsei de igienă, ci doar un exemplu de adaptare reușită a unui organism la o nișă ecologică disponibilă. Acești acarieni au existat cu sute de milioane de ani înainte de apariția omului, dovadă fiind anumite specii de acarieni care s-au păstrat în chihlimbare datînd din epoca



Figura 13-2. Căpușa obișnuită (familia *Ixodidae*), un tip de insectă parazită paleozoică (cu 545-251 milioane de ani în urmă). Înainte de apariția oamenilor, *Demorex* trăia în porii pielii altor animale, cum ar fi ciinele sau oaia, coexistând în continuare cu aceste specii. Gura acarienilor s-a adaptat la perforare, supt, fărîmîtare sau mestecat, în funcție de nișa în care trăiește specia. Evoluția prin adaptare a acarienilor este o poveste care s-a repetat de multe ori pentru toate speciile dispersate pe suprafața planetei.

Aceste organisme nu au „de ales“, fiind nevoite să dezvolte acele caracteristici necesare în cel mai înalt grad pentru supraviețuire. Uneori, traseul evolutiv al anumitor specii va avea un impact negativ asupra altor specii, după cum vom vedea în capitolul 16, în cazul bacteriilor infecțioase. Pe de altă parte, selecția naturală din regnul ciupercilor a dus la una dintre cele mai mari descoperiri din medicină. Antibioticul numit penicilină se prepară din mucegaiul colorat care crește de obicei pe pîine. Mucegaiul este o specie de ciupercă (*Penicillium*) care s-a adaptat la mediu prin producerea de molecule care omoară multe bacterii. Producerea substanței esențiale pentru penicilină reprezintă o apărare foarte bine adaptată împotriva infecțiilor bacteriene. De acesta și de alte numeroase exemple de selecție naturală a profitat din plin omenirea.

Darwin și-a imaginat ramurile unui foarte bogat și răspîndit arbore al vieții retrăgîndu-se tot mai mult spre un trunchi, o dată cu întoarcerea în timp, în milioane de ani. El a emis ipoteza că toate animalele au „un strămoș comun“ și și-a numit principiul *selecția naturală* sau supraviețuirea celui mai bine adaptat. „Selecția naturală duce la ameliorarea fiecărei ființe în raport cu condițiile ei de viață.“ Darwin a presupus corect că evoluția nu are loc la întîmplare, ci se bazează pe influența puternică și

deliberată a selecției naturale, care, la rândul său, este determinată de geologie, de climă, concurență și de celelalte forțe care compun mediul total și care modelează dintotdeauna formele vieții.

După douăzeci de ani de studiu, Darwin publică *Originea speciilor*

O maimuță pe post de bunic

În ziua de 29 ianuarie 1839, Darwin se căsătorește cu verișoara sa, Emma Wedgwood, și întemeiază o familie numeroasă, cu zece copii, dintre care câțiva s-au distins prin propriile cariere, trei fiind chiar înnobilați. Darwin și-a întreținut familia vânzând cărți și articole pe teme biologice inspirate de observațiile pe care le-a efectuat în cursul expediției la bordul *H.M.S. Beagle*.

În anii care au urmat călătoriei și prin analogie cu modul în care Newton a descoperit legile fundamentale ale mecanicii în perioada de după Woolsthorpe, Darwin a continuat în secret să adune dovezi în sprijinul ipotezei sale cu privire la selecția naturală. „După o muncă de cinci ani, mi-am permis să emit ipoteze pe această temă și să fac câteva însemnări scurte; pe acestea le-am extins în 1844 într-o schiță a concluziilor...” El și-a împărtășit teoria câtorva prieteni apropiați, printre care și geologul Charles Lyell; la început, aceștia au fost sceptici, dar în cele din urmă s-au lăsat convinși. Din cauza modestiei și prudenței lui Darwin, precum și a sfatului lui Lyell de a nu se lăsa „niciodată tîrît într-o controversă”, acesta a plănuvit inițial să nu încredințeze manuscrisul spre publicare decît postum, dîndu-i în acest sens instrucțiuni precise soției sale:

Am terminat conspectul referitor la teoria speciilor... În eventualitatea în care aş muri subit, îţi transmit pe această cale ultima dorinţă a mea, pe care sînt sigur că o vei respecta dacă ar fi stipulată legal în testamentul meu; te rog, aşadar, să rezervi suma de patru sute de lire pentru publicarea cărţii şi să te străduieşti să o difuzezi. Îmi doresc ca lucrarea să fie încredinţată unei persoane competente, suma sus-menţionată urmînd să-i răsplătească efortul de a o revizui şi îmbunătăţi... Domnul Lyell ar fi cel mai indicat pentru o asemenea întreprindere, dacă ar fi dispus, mai ales cu ajutorul lui Hooker...

Darwin se temea de zarva inevitabilă pe care o va stîrni o asemenea teorie. Astfel, preferînd temporizarea de tip newtonian, el nici măcar nu ar fi dat publicităţii ideile sale revoluţionare dacă nu ar fi apărut scrieri şi idei similare ale naturalistului britanic Alfred Russel Wallace (1823–1913), ceea ce l-a determinat pe Darwin să iasă la rampă şi să dea explicaţii:

Opera mea nu este încă terminată; dar întrucît vor mai trece mulți ani pînă la finisare... am fost îndemnat să public acest rezumat. M-am văzut nevoit să procedez astfel întrucît domnul Wallace... a formulat aceleași concluzii generale ca și mine cu privire la originea speciilor.

Impulsionat de concurența cu Wallace, Darwin și-a încheiat monumentală carte *Originea speciilor pe calea selecției naturale sau preservarea raselor favorizate în lupta pentru viață*. Opera a fost publicată pentru prima oară pe 24 noiembrie 1859, la peste 22 de ani după primele lui însemnări pe această temă, și întreaga ediție s-a vîndut imediat. Ulterior au apărut ediții revizuite ale lucrării, cea de-a șasea datînd din anul 1872. El a recunoscut contribuțiile tuturor înaintașilor săi, cei care au pregătit terenul pentru opera lui. Dar dovezile biologice furnizate de Darwin au fost acelea care au sugerat că speciile existente au evoluat din forme anterioare diferite și tot Charles Darwin, nu cei cărora le-a adresat mulțumiri, s-a gîndit cum produce procesul de selecție naturală adaptarea, pînă la punctul la care acest lucru putea fi explicat logic, fără a ști nimic despre genetică, ADN sau funcționarea în detaliu a celulelor.

Din momentul publicării primei ediții, în 1859, cartea a devenit obiectul unei controverse intense și generalizate. În anii următori, Darwin nu a ieșit deloc la rampă, dar prietenii și colegii săi – Joseph Hooker, Thomas H. Huxley, Alfred Russel Wallace și Charles Lyell, un grup de oameni de știință și profesori respectabili care se distinseseră prin propria lor operă – au condus ostilitățile în războiul împotriva credințelor mitice.

Numindu-l pe Darwin „cel mai periculos om din Anglia“, criticii și dușmanii lui alcătuiau un grup foarte pestriț. Geologul englez Adam Sedgwick (1785–1873), profesor la Cambridge și președinte al prestigioasei Geological Society din Londra, nu l-a atacat deschis pe Darwin. El a spus doar că respinge modul în care acesta recurge la ipoteze și la raționamentul deductiv (în opoziție cu cel inductiv) pentru a-și dovedi teoriile. Richard Owen (1804–1892), anatomist și paleontolog britanic, membru al Royal Society și biologul nr. 1 al țării în epoca în care Darwin și-a prezentat teoria, a fost cel mai vehement și răuvoitor dintre detractorii acestuia. Om ambițios și invidios, Owen l-a atacat fără scrupule pe Darwin în numeroase ocazii. Mulți alții au încercat să-l discrediteze pe Darwin și teoria lui în numele credinței lor religioase. Dacă evoluția ar fi adevărată, atunci Creația relatată în Cartea Facerii este falsă. Oripilați, ei au descoperit că, dacă selecția naturală funcționează automat, atunci nu se mai poate vorbi de supravegherea divină a vieții și creșterii plantelor și animalelor.

Aceste probleme au fost dezbătute la o ședință a Asociației Britanice pentru Progresul Științei din 30 iunie 1860, la Oxford. Pe de o parte, purtătorul de cuvînt al lui Owen era episcopul Samuel Wilberforce (1805–1873), iar pe de altă parte purtătorul de cuvînt al lui Darwin era Thomas

H. Huxley (1825–1895). Această confruntare simbolizează distincția clară dintre știință și teologie. În replică la comentariile batjocoritoare ale lui Wilberforce apropo de înrudirea lui Huxley cu maimuțele, acesta a rostit memorabila frază:

Dacă ar fi să-mi aleg bunicul între o nenorocită de maimuță și un om foarte înzestrat de natură și extrem de influent, dar care își folosește calitățile și influența pentru a arunca în derizoriu o dezbatere științifică serioasă, afirm fără ezitare că aş prefera maimuța.

În toiul unor controverse tot mai aprinse, Darwin aplică principiul evoluției la om

Despicături în părțile laterale ale gâtului

Deși Huxley și Wilberforce au dezbătut problema evoluției omului la doar șapte luni după publicarea *Originii speciilor*, cartea nu abordează deloc această chestiune. Ea se referă exclusiv la plante și animale. De fapt, există un singur comentariu scurt al lui Darwin despre evoluția omului, care apare spre sfârșitul cărții: „Pe viitor văd deschizându-se domenii de cercetare mult mai aprofundată... Se va arunca mai multă lumină asupra originii omului și a istoriei lui“. Viziunea lui Darwin asupra posibilității aplicării teoriei sale și la oameni transpare printre rînduri, dar el a lăsat altor biologi și opiniei publice sarcina de a dezbate problema: „Pe parcursul mai multor ani am adunat însemnări asupra originii sau descendentei omului, fără vreo intenție de a publica ceva pe această temă. De fapt, eram hotărît să nu dau publicității asemenea material, pentru că n-aș fi făcut decît să alimentez prejudecățile împotriva vederilor mele.“

La mijlocul secolului al XIX-lea exista credința că sîntem neschimbați și neschimbabili, un „adevăr“ universal acceptat, la fel de clar pe cît era de evident pe la 1500 că Soarele se învîrte în jurul Pămîntului. Să pui în discuție însăși esența ființei umane era o insultă mai mare chiar decît demitizarea importanței locului nostru în univers. Și totuși, acesta constituia un impact și un rezultat inevitabil al *Originii speciilor*. Pînă la Darwin, omul era ceva deosebit. Pămîntul și universul nostru fuseseră create de Dumnezeu pentru om și nu din alt motiv... pînă la apariția lui Charles Darwin.

La doisprezece ani după publicarea *Originii speciilor*, disputele s-au iscat din nou. Și de astă dată, Darwin s-a lăsat convins să se așeze la masa de scris și să abordeze frontal subiectul evoluției omului în *Descendența omului*, carte publicată pe 24 februarie 1871. Însă Darwin se gîndise la acest subiect cel puțin din 27 noiembrie 1838, data primelor lui însemnări despre aplicarea selecției naturale la oameni. În *Descendența omului*, el

explică de ce și-a abandonat intenția inițială de a nu se lăsa tîrît în dispute. „Acum, cazul îmbracă un aspect cu totul diferit“, scrie el, amintind tot mai largă acceptare de către naturaliștii respectați a tezelor lui fundamentale privind selecția naturală. După cum mărturisea el, „am simțit imboldul să-mi adun însemnările ca să văd cît de departe pot ajunge concluziile generale ale lucrărilor mele anterioare atunci cînd se aplică omului“.

Opera în două volume totalizează aproape o mie de pagini și își propune chiar un obiectiv mai ambițios decît cel urmărit în *Originea speciilor*. „Unicul scop al acestei lucrări este să determinăm în primul rînd dacă și omul, ca oricare altă specie, descinde dintr-o formă preexistentă; în al doilea rînd, modul în care s-a dezvoltat el, iar în al treilea rînd, valoarea deosebiriilor între așa-numitele rase ale omului...“

Încurajat de susținerea teoriei sale privind evoluția prin selecție naturală, Darwin devenise foarte îndrăzneț în intervalul de doisprezece ani dintre aparițiile celor două mari cărți scrise de el. În *Descendența omului*, el afirmă că „omul descinde dintr-o formă mai puțin organizată... Marele principiu al evoluției se conturează clar și răspicat dacă se iau în considerare aceste grupuri de fapte... cum ar fi afinitățile reciproce ale membrilor aceluiasi grup, distribuția lor geografică în timpurile trecute și prezente și succesiunea lor geologică“. În privința distribuirii geografice, el a prezis că resturile fosile cele mai vechi ale strămoșilor omului modern vor fi descoperite cîndva în Africa:

În fiecare regiune mare a lumii, mamiferele în viață sînt strîns înrudite cu speciile care au evoluat în acel teritoriu. Prin urmare, este probabil ca Africa să fi fost locuită în trecut de maimuțe antropoide înrudite strîns cu cimpanzeii și gorilele și că aceste două specii sînt cele mai apropiate rude ale omului, deci este întrucîtva mai probabil ca strămoșii noștri îndepărtați să fi trăit pe continentul african mai degrabă decît altundeva.

Din cauza lipsei de dovezi fosile din timpul vieții lui Darwin și deoarece Continentul Negru nu era considerat demn de a fi leagănul omenirii, această predicție a fost considerată o nebunie pînă tîrziu, spre mijlocul secolului XX. Și totuși, teoria lui fundamentală avea să fie în scurt timp acceptată pe scară largă.

Omul se dezvoltă dintr-un ovul cu diametrul de două zecimi de milimetru, deci nu diferă prea mult de ovulele altor animale... Embrionul în sine, într-o fază timpurie de dezvoltare, se deosebește cu greu de embrionii altor membri ai regnului vertebratelor... Deschizăturile din partea laterală a gîtului rămîn în continuare... iar coxisul se proiectează ca o adevărată coadă, întinzîndu-se mult

dincolo de lungimea picioarelor rudimentare... Astfel, aflăm că omul descinde dintr-un animal păros cu patru picioare, dotat cu o coadă și cu urechi ascuțite, probabil un animal arboricol, și derivat dintr-un marsupial, și aceasta printr-o lungă linie de forme diversificate, fie dintr-un reptilian, fie dintr-un amfibian, iar acesta la rândul său dintr-un animal asemănător cu peștele...

Omul poate... să simtă... o oarecare mândrie pentru că s-a ridicat în vârful scării organice... Dar pe noi ne interesează... numai adevărul, în măsura în care rațiunea ne permite să-l descoperim. Am furnizat dovezi concludente fără să precupețesc nici un efort și trebuie să înțelegem... că omul, cu toate calitățile sale, cu toată simpatia pe care o simte pentru cei mai nefericiți dintre noi... cu tot intelectul său dumnezeiesc care a deslușit tainele mișcărilor și constituirii sistemului solar – cu toate aceste puteri înălțate în slăvi – Omul încă poartă pecetea de neșters a descendenței sale umile.

Fosilele descoperite confirmă evoluția

Dumnezeu îndrăgește nemăsurat gândacii...

Darwin a creat bazele pe care biologii, paleontologii și geologii de mai târziu aveau să le invoce pentru a explica evoluția tuturor formelor de viață. Geologia a stabilit „erele” în primul rând pentru a reflecta schimbările majore în dezvoltarea vieții pe Pământ, denumind întinsele perioade ale timpului geologic. Erele se împărțeau în perioade care, la rândul lor, se divizau în epoci. În prezent, ne aflăm în Epoca Holocenă (începută acum 10 000 de ani) a Perioadei Cuaternare (care a început acum 2,5 milioane de ani) din Era Cenozoică (care acoperă ultimele 65 de milioane de ani). Iată un rezumat al istoriei evoluției tuturor formelor de viață, după cum ne-au relevat fosilele descoperite, împărțite în cele patru ere geologice.

Era Precambriană (între acum 4,6 miliarde de ani până acum 545 milioane de ani): Apare viața, din supa primordială, în urmă cu circa patru miliarde de ani, sub forma unei celule bacteriene. În următoarele trei miliarde de ani, bacteriile colonizează Pământul și rămân unica formă de viață. Cu aproximativ 600 de milioane de ani în urmă, apar primele forme de viață pluricelulară.

Era Paleozoică (între acum 545 milioane de ani până acum 251 milioane de ani): cu 545 de milioane de ani în urmă a început o incredibilă proliferare a formelor de viață, inaugurată de o diversificare a ființelor submarine, care a dus la apariția animalelor vertebrate, acum 425 milioane de ani, urmată de apariția animalelor terestre acum 395

milioane de ani, evoluția amfibienilor din pești în urmă cu 350 milioane de ani și a reptilelor cu 280 milioane de ani în urmă.

Era Mezozoică (între acum 251 milioane de ani pînă acum 65 milioane de ani): După cea mai devastatoare extincție în masă din istoria Pămîntului, petrecută acum 250 milioane de ani, apar dinozaurii, care vor domina Pămîntul din urmă cu 230 de milioane de ani pînă acum 65 de milioane de ani, cînd dispar.

Era Cenozoică (între acum 65 milioane de ani pînă în prezent): După altă extincție în masă a formelor de viață, climatul Pămîntului se răcește și vastele jungle fac loc pădurilor temperate și întinselor prerii. Mamiferele se diversifică într-o multitudine de forme. În urmă cu circa patru milioane de ani apar primii membri ai familiei umanoide a primatelor, în Africa.

Cu aproximativ 545 de milioane de ani în urmă (în timpul Perioadei Cambriene a Erei Paleozoice), evoluția trece prin propriul ei Big Bang: survine o dezvoltare explozivă a vieții, în care apar înaintașii (aproape) tuturor speciilor care ocupă astăzi Pămîntul (și alte specii, astăzi dispărute). Celebrul biolog Stephen Jay Gould scrie despre explozia vieții din Cambrian în cartea sa *Minunata viață: Șisturile Burgess și natura istoriei*, care evidențiază ritmul și întinderea evoluției. Pînă de curînd, paleontologii și biologii credeau că explozia de viață a Cambrianului a durat între aproximativ 20 și 70 de milioane de ani. Dar în 1993, o echipă de oameni de știință de la Universitatea Harvard, de la Massachusetts Institute of Technology și de la Institutul de Științe ale Pămîntului din Iakuțk (Rusia) a descoperit în rocile Cambrianului indicații că perioada de rapidă diversificare a fost mult mai scurtă, probabil cinci milioane de ani sau chiar mai puțin.

Această mare diversitate a formelor de viață animale și vegetale a înflorit timp de peste 200 de milioane de ani, după care, acum 250 de milioane de ani, a suferit un recul masiv. 90 la sută din speciile oceanice și un mare procent din speciile terestre au dispărut – cea mai devastatoare extincție în masă înregistrată vreodată și începutul procesului care avea să ducă la răspîndirea dinozaurilor. Descoperirile fosile dezvăluie că, în unele zone, 97% din toți copacii au dispărut la sfîrșitul Permianului (acum 250 de milioane de ani), avînd ca urmare proliferarea unor ciuperci care se hrăneau cu lemnul putrezit și care au acoperit efectiv planeta. Unii paleobotaniști și alți oameni de știință cred că această extincție a fost provocată de o serie de erupții vulcanice în Siberia. Sedimentele atestă că, într-o perioadă de peste un milion de ani, doar un vulcan a expulzat atît de mult bazalt topit, încît s-ar fi putut pava cu el întregul Pămînt cu un strat gros de 5,5 metri. Bioxidul de carbon și acizii eliberați de aceste erupții au otrăvit probabil aerul și apa și au provocat această masivă extincție.

În 1996, patru cercetători au avansat o teorie alternativă – anume că o uriașă ascensiune a apei oceanice abisale saturate cu bioxid de carbon a dus la catastrofa din Permian. Acești biologi și chimiști susțin că nivelul înalt al bioxidului de carbon era natural în abisurile oceanice, dar că el s-a amestecat cu apa marină de suprafață și cu atmosfera într-o perioadă de mulți ani din cauza unei „ridicări globale a apei oceanice abisale”, după cum reiese din modelul sedimentelor de carbonat de calciu depuse la sfârșitul Permianului. Aceste cantități excesive de bioxid de carbon au fi dus la formarea acidului carbonic în sângele animalelor în doze mortale și ar fi putut produce un efect de seră pronunțat pe tot Pământul, distrugând animalele marine într-un număr mare și spulberînd fragilul echilibru al mediului pentru multe alte specii.

Extincția în masă de la sfârșitul Permianului a dus la dominația dinozaurilor în următorii 140 de milioane de ani. Dinozaurii au dispărut de pe suprafața Pământului în urma unei alte extincții (survenită la sfârșitul Cretacicului), cel mai probabil cauzată de un asteroid sau o cometă mare care s-a ciocnit de Pământ în dreptul peninsulei Yucatan, rezultatul impactului fiind un nor de praf care a acoperit întreg globul și a distrus vegetația pe care se bazau dinozaurii, restrîngîndu-le habitatul și provocînd dispariția lor. Dar această extincție a eliberat noi nișe ecologice. Forțele selecției naturale au acționat și viața a revenit într-o și mai mare varietate.

Ultima explozie a vieții, după dispariția dinozaurilor, se produce în zilele noastre. Ea este vizibilă la o simplă examinare a unei mici probe de sol sau a marelui număr de specii care locuiesc la ora actuală pe Pământ. Cu ajutorul microscopului, putem detecta circa zece miliarde dintre cei mai vechi și mai rezistenți locuitori ai planetei Pământ: *bacteriile*. Aceste organisme monocelulare (între cele zece miliarde de bacterii aflîndu-se sute de specii) descompun materialul organic din sol. În total, biologii au reușit să identifice și să denumească peste 1,4 miliarde de specii de animale, plante și microorganisme, deși specialiștii susțin că efectiv milioane de specii de bacterii și insecte și chiar unele de pești, păsări și mamifere încă nu au fost descoperite. Biologii au extins schema inițială a lui Carl Linnaeus cu două regnuri (plante și animale), în prezent existînd cinci regnuri: fungiile (de la corespondentul latinesc pentru „ciuperci”), protozoarele (însemnînd „primele animale”) și bacteriile și-au dobîndit propriile regnuri, pentru că nu pot fi considerate plante sau animale în virtutea structurii celulare sau a incapacității lor de a produce fotosinteza.

Următoarea listă ne relevă existența unui număr mare de specii de insecte, net superior celorlalte forme de viață, incluzînd aici și numărul impresionant al speciilor de coleoptere. Atunci cînd a fost întrebăat ce i-a relevat studiul Creației despre planul lui Dumnezeu, prietenul lui Darwin, Thomas H. Huxley a răspuns în glumă: „Faptul că Atotputernicul îndrăgește nemăsurat gîndacii”.

- 751 000 de specii de insecte, dintre care 290 000 coleoptere
- 281 000 de specii de amfibieni, reptile, pești, păsări și mamifere
- 275 000 de specii de plante
- 69 000 de specii de fungi
- 31 000 de specii de protozoare
- 5000 de specii de bacterii

La sfârșitul *Originii speciilor*, Darwin a scris: „Există o măreție în această concepție asupra vieții... În timp ce planeta noastră se rotește în conformitate cu legea imuabilă a gravitației, de la un început simplu evoluează nesfârșite forme minunate care au existat și care există și evoluează în continuare“.

În *Originea*, Irving Stone scrie că, spre sfârșitul vieții lui Darwin:

Poate să fi fost ravagiile bolii; poate perioadele îndelungate de muncă grea; poate că barba lui albă ca zăpada, care i-a acoperit toată fața... dar Charles Darwin arăta acum de parcă ar fi fost Patriarhul Lumii. Avea ochii înfundați în orbite; lăsa impresia unui om care este pe cale să-și ia rămas-bun; și nu-i păsa deloc...

De-a lungul întregii sale vieți, Darwin a suferit din cauza mai multor afecțiuni, între care și episoade de depresie și un atac de cord în 1873. Pe 19 aprilie 1882, el moare după un ultim infarct. În urma unei petiții semnate de 20 de membri ai Parlamentului, trupul neînsuflețit al lui Charles Robert Darwin a fost depus la Westminster Abbey. Printre cei care i-au purtat sicriul pe umeri s-au numărat Hooker și Huxley.

Străbătuse o cale lungă de la bietul student al cărui tată se temea că o să fie „rușinea familiei“ și de la naturalistul acceptat la bordul corăbiei *Beagle*. El a evoluat de la starea de Mare Descriptor la aceea de Mare Interpret. A continuat să-și pună întrebări pînă cînd a găsit o explicație logică. A cules fapte neînregistrate pînă atunci și le-a făcut inteligibile. În timpul vieții sale, nu numai că a fost părintele teoriei evoluționiste, dar a reușit să schimbe și opinia publicului despre această teorie considerată inițial o erezie strigătoare la cer și transformată ulterior într-un principiu general acceptat. Direct din opera lui Darwin au luat naștere o serie de discipline științifice. Domeniul geneticii (abordat în partea a VI-a) și căutarea mecanismului ultim al eredității și evoluției – molecula de ADN – (vezi partea a VII-a) s-au adăugat operei lui Darwin pentru a ne oferi o imagine completă a evoluției, ceea ce a avut drept consecință schimbarea fundamentală a concepției noastre despre viață, inclusiv despre specia umană.

Capitolul 14

Cel ce a modelat peisajul

„Fiecare animal lasă urme a ceea ce a fost. Numai oamenii lasă urmele a ceea ce au creat... Omul nu este doar o prezență în peisaj. El este acela care modelează peisajul.

Cum au ajuns acești hominizi să fie... îndemânatici, atenți, gînditori, pasionați, capabili să opereze cu simbolurile limbajului și ale matematicii deopotrivă, să deslușească tainele poeziei și științei? Cum a fost posibilă ascensiunea omului de la stadiul incipient, de animal, la această permanentă aplecare asupra lucrării naturii, la această patimă a cunoașterii...?”

JACOB BRONOWSKI
Ascensiunea Omului (1973)

Charles Darwin a formulat teoria evoluției prin selecție naturală. Dar în epoca lui nimeni nu avea idee cît timp durase evoluția omului și nici prin ce stadii trecuse această evoluție. Darwin a deschis cartea evoluției omului. Alții au fost cei chemați să scrie povestea. Capitolele elaborate în secolul XX de antropologi și paleoantropologi reprezintă alt punct de cotitură în istoria cunoașterii umane și în concepția noastră despre strămoșii primitivi ai omului.

Diverse domenii ale științei se combină în secolul XX pentru a defini cursul evoluției omului

Proliferarea mamiferelor începînd cu data de 30 decembrie

Paleoantropologia este știința despre primii oameni, inclusiv fosilele hominizilor (ființe asemănătoare cu omul) și ale primatelor dispărute astăzi din care am evoluat noi, ca și relievele și activitățile culturale ale oamenilor din vechime. După cum am văzut în capitolul 13, dinozaurii s-au stins în urmă cu aproximativ 65 de milioane de ani, cînd clima Pămîntului s-a răcit și mamiferele au început să prolifereze pe toată suprafața Pămîntului. Abundența de informații fizice descoperite în ultimele decenii, precum și aplicarea unei tehnologii fără precedent le-au permis paleoantropologilor secolului XX să facă legătura între ființele umane și cele ne-umane care s-au perindat de-a lungul acestei perioade de 65 de milioane de ani, combinînd evoluția mai multor discipline.

- *Fizica și geologia:* În secolul XX, dezvoltarea fizicii (datarea radioactivă) și a geologiei (stratificarea geologică) ne-a permis să măsurăm vârsta fosilelor cu o mare precizie.
- *Biochimia și biologia:* În Părțile VI și VII vom vedea cum au descoperit biochimistii și biologii felul în care „codul” fundamental al reproducerii a trecut de la viața primitivă la oameni.
- *Astrofizica și geochimia:* Chiar și astrofizica și geochimia au contribuit la asamblarea părților disparate ale mozaicului evoluției prin studierea modalității de formare a elementelor în spațiu și a compoziției Pământului timpuriu.

În felul acesta am reușit să recreăm procesul evoluției omului printr-o remarcabilă sinteză a mai multor discipline diferite, despre care în trecut se crezuse că nu sînt înrudite. După cum a prezis Darwin, procesul a început cu „un strămoș comun” mult înainte de apariția reptilelor și a amfibienilor. Această evoluție este în desfășurare de miliarde de ani. Pentru a înlesni conceptualizarea istoriei evoluției, vom comprima cei 15 miliarde de ani ai istoriei universului într-un singur an imaginar, prima clipă a lui 1 ianuarie corespunzînd cu Big Bang-ul, deci cu momentul de după 31 decembrie „trecut”. Iată niște date importante din „Anul Universului” înainte de luna decembrie.

Tabelul 14-1.
Anul Universului pînă în noiembrie

<i>Din ianuarie pînă în noiembrie (13,75 miliarde de ani)</i>	
1 ianuarie	– Big Bang-ul.
1 mai	– apare Calea Lactee, galaxia noastră
9 septembrie	– se formează Sistemul Solar
14 septembrie	– se formează Pământul
25 septembrie	– primele forme de viață pe Pământ
9 octombrie	– cele mai vechi fosile (bacterii și alge)
12 noiembrie	– cele mai vechi fosile de plante care folosesc fotosinteza
15 noiembrie	– primele celule nucleate

Dat fiind faptul că fiecare lună a acestui an imaginar reprezintă cam 1,25 miliarde de ani, primele forme de viață apar abia pe 25 septembrie, iar istoria consemnată de documente a lumii începe abia în ultimul minut dinainte de miezul nopții de 31 decembrie. Celelalte evenimente semnificative care apar în cei 1,25 miliarde de ani ai lunii decembrie sînt prezentate în figura 14-2.

Acum 65 de milioane de ani, acest calendar indică ziua de 30 decembrie. Este un moment foarte recent, comparativ cu vârsta de 4,6

miliarde de ani a Pământului și cu aceea de 15 miliarde de ani a universului. Deci, dinozaurii au dispărut abia „ieri“, iar strămoșii omului încep să-și facă apariția. Prezența hominizilor pe Pământ, de câteva milioane de ani, a fost metecorică în comparație cu dominația de 140 de milioane de ani a dinozaurilor. *În formă modernă, noi existăm doar de circa 40 000 de ani.*

Strămoșii noștri descoperiți în resturile fosile

Rozătoare în jungla din Europa

Acum 65 de milioane de ani, lumea era acoperită cu păduri tropicale de la ecuator pînă la latitudini care ating nordul Franței și Germaniei și sudul Alaskăi de astăzi. Această perioadă se caracterizează printr-o mare varietate de specii de plante și animale, inclusiv o rapidă proliferare și evoluție a mamiferelor. Printre ele se află și strămoșii primatelor, inclusiv ceea ce numim astăzi primatele ancestrale. Acestea nu seamănă cu urmașii lor – maimuțele, maimuțele antropoide, oamenii – dar într-un interval de 65 de milioane de ani e nevoie de modificări foarte mici prin selecție naturală pentru ca un mamifer rozător cu coadă lungă (da, acesta este strămoșul nostru!) să se transforme într-o formă de viață cu totul diferită. Cele mai apropiate rude ale acestui mamifer străvechi, strămoșul nostru, care există astăzi, sînt prosimienii, un alt tip de primate. Prosimienii includ lemurienii, lorisidele și tarsierii, toate aceste specii trăind în junglă.

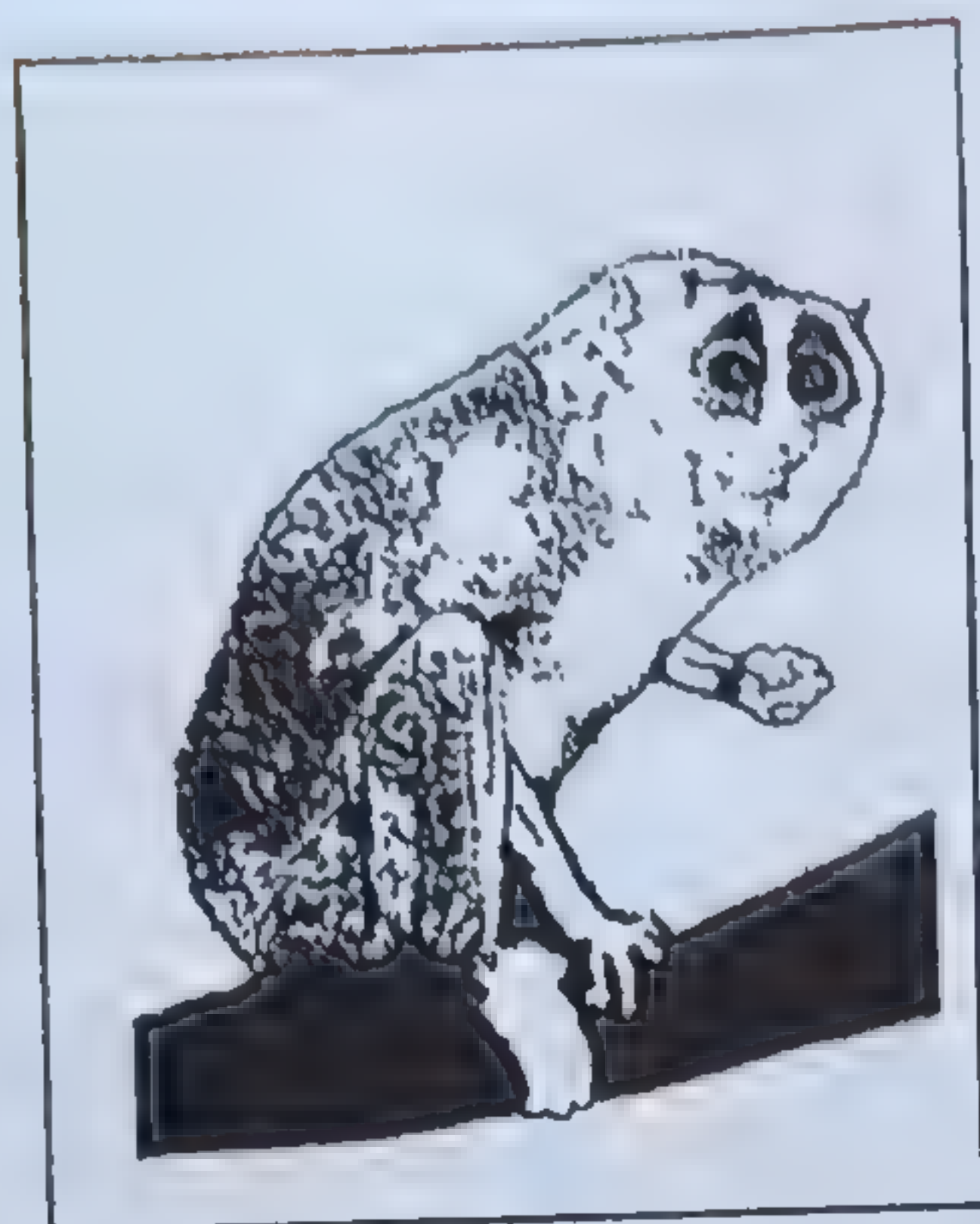
Trasarea evoluției omului din perioada în care a trăit acest animal viori ne sugerează o fantastică secvență cinematografică redată cu încetinitorul. Putem examina fiecare etapă a acestei povești lungi de 65 de milioane de ani:

- În primele milioane de ani ale *Epocii Paleocenului* (între acum 65 milioane de ani pînă acum 54 milioane de ani), el evoluează într-un mamifer care trăiește în copaci și se hrănește cu fructe și insecte.
- Indivizii cu picioarele din spate mai lungi sînt selectați natural pe măsură ce specia se adaptează la viața arboricolă, care presupune abilități și menținerea poziției atârnat.
- Ghearele ca de șobolan sînt înlocuite cu unghii plate și începe să apară și degetul mare opozabil.
- Degetele devin mai lungi, mai flexibile și capabile să prindă obiecte.
- În *Epoca Eocenului* (între acum 54 de milioane de ani pînă acum 38 de milioane de ani), postura devine mai dreaptă, capul se poate roti sub un unghi mai mare și se dezvoltă creierul (vezi figura 14-3).
- Se îmbunătățește vederea pe măsură ce ochii se măresc și se depărtează, în timp ce simțul mirosului se atenuază, indicînd o selecție naturală care limitează mirosul în favoarea văzului; corespunzător, botul devine mai scurt.

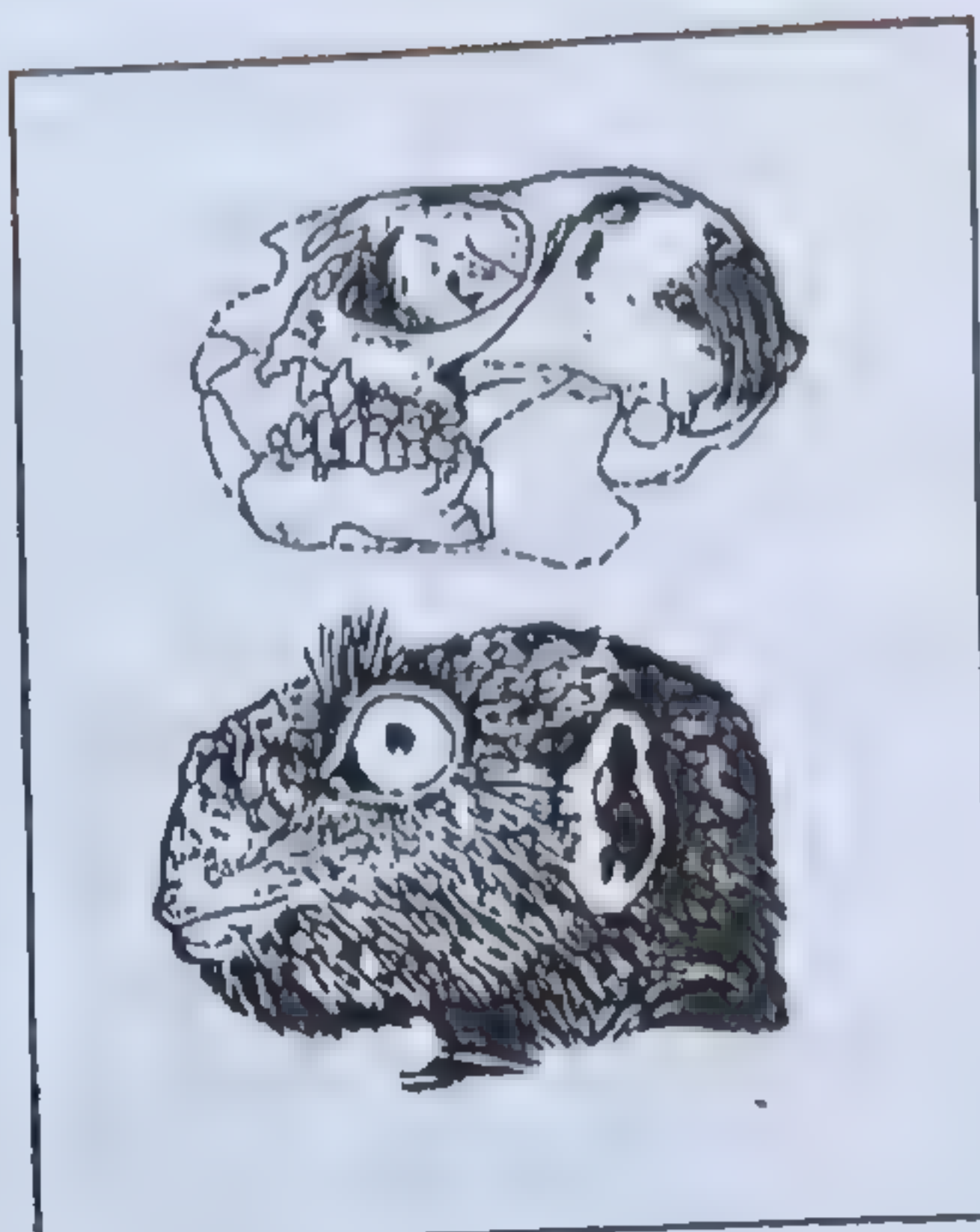
Decembrie

Duminică	Luni	Marți	Miercuri	Joi	Vineri	Sâmbătă
	1 Pe Pământ începe să se dezvolte atmosfera cu oxigen	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16 Primii viermi	17 Începe era paleo- zoică și perioada cambriană	18 Apar primele forme de plancton oceanic. Trilobiții proliferează	19 (Ordovician) Primii pești și primele vertebrate	20 (Silurian) Primele plante vasculare. Plantele încep colonizarea uscatului.
21 (Începe perioada devoniană) Primele insecte. Animalele încep colonizarea uscatului.	22 Primii amfibieni și primele insecte cu aripi.	23 (Perioada carboniferă) Primii copaci și primele reptile.	24 (Începe perioada permiană) Primii dinozauri	25 (Se sfârșește paleozoicul și începe mezozoicul.)	26 (Perioada triasică) Primele mamifere.	27 (Perioada jurasică) Primele păsări.
28 (Perioada cretacică) Primele flori. Extincția dinozaurilor	29 (Se sfârșește Era Mezozoică/începe Era Cenozoică și perioada terțiară) Primele cetacee și primele primate	30 Evoluția timpurie a lobilor frontali la creierele primatelor. Primii hominizi. Mamiferele gigante proliferează.	31 (Sfârșitul perioadei pliocene. Începe perioada cuaternară) Primii oameni			

Figura 14-2. Decembrie în anul universului



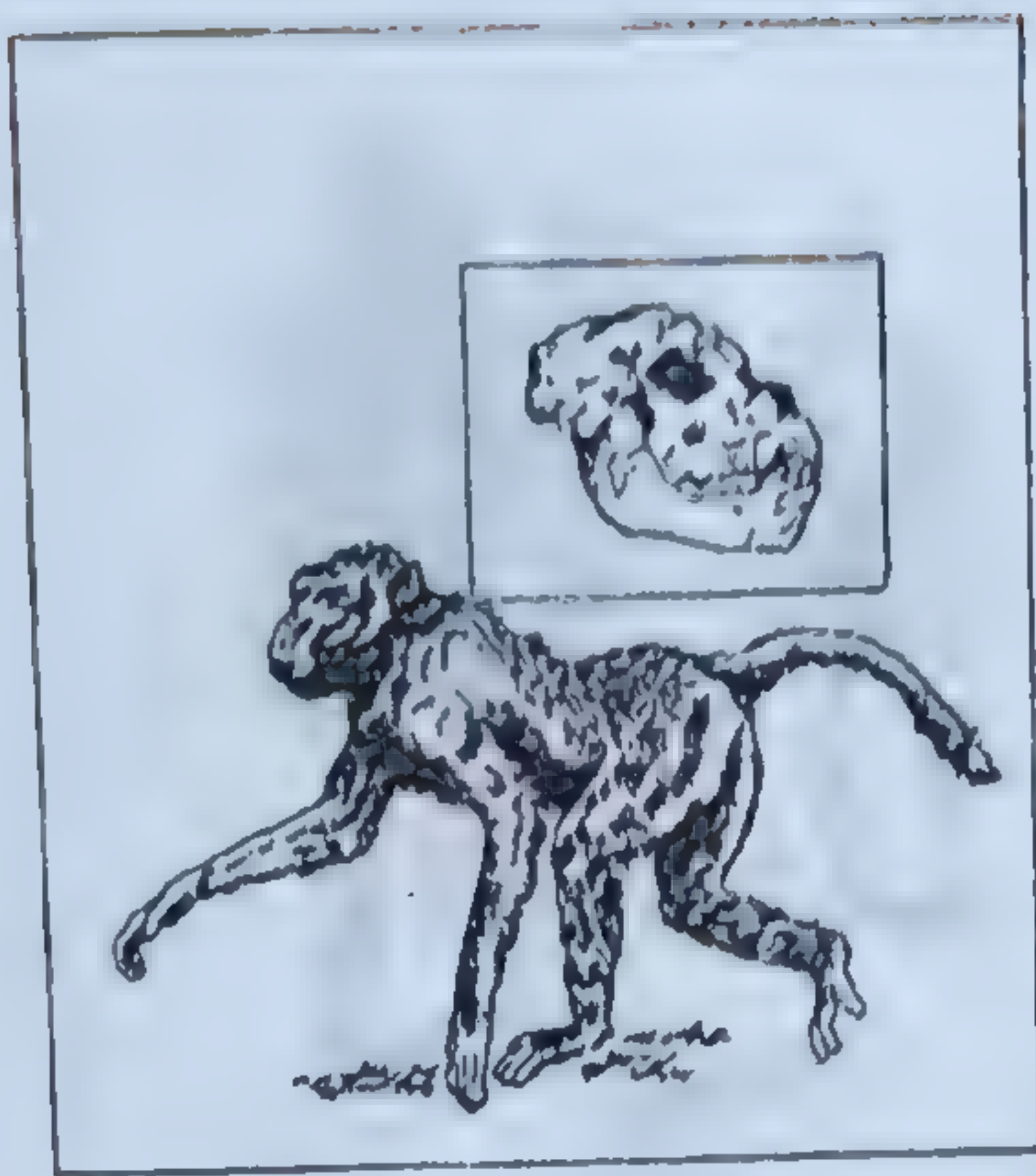
Loris găsit în Africa și Asia, similar cu primatele ancestrale din Paleocen de acum 65 de milioane de ani.



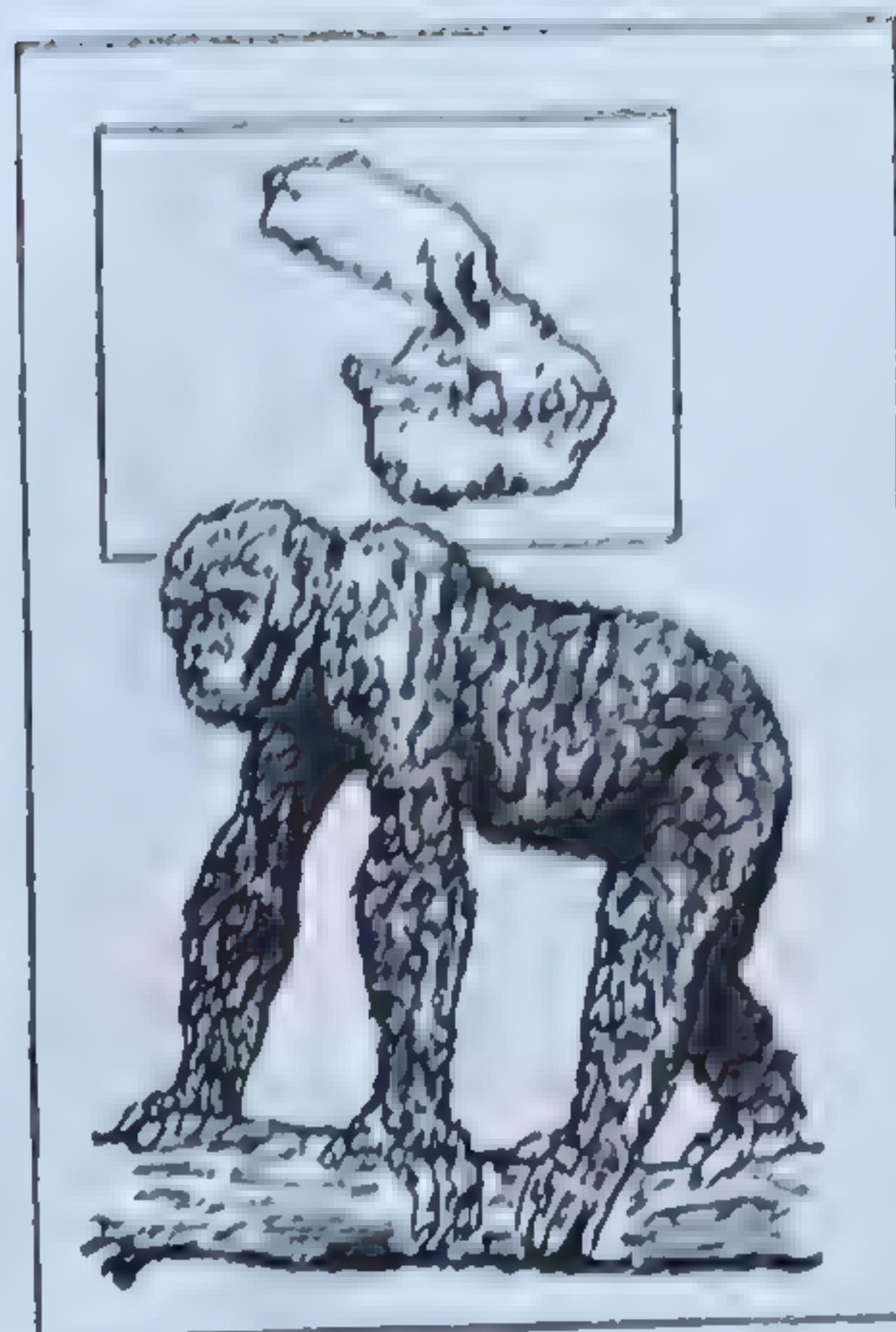
Craniu extras din fosile din Eocen aparținând unei primate ancestrale (sus) de acum 45 de milioane de ani și reconstituirea craniului (jos).

Figura 14-3. Primatele ancestrale din Paleocen și Eocen

- În *Epoca Oligocenului* (între acum 38 de milioane de ani pînă acum 26 de milioane de ani), o ramură a prosimienilor începe să semene foarte mult cu maimuțele primitive și cu cele antropoide. Aceste animale trăiesc în zona tufişurilor tropicale din actualul Egipt.
- Dinții capătă o formă cu patru proeminente, caracteristică primatelor.
- Osul frontal de deasupra ochilor și din jurul orbitelor se apropie de arcadele orbitale, ca la oameni.
- În prima parte a *Epocii Miocenului* (între acum 26 de milioane de ani pînă acum 7 milioane de ani), creatura crește pînă la înălțimea de circa 30 cm și continuă să crească, adaptîndu-se pentru a evita animalele de pradă.
- Animalul părăsește copacii și revine la sol ca urmare a împușinării fructelor. Hrana lui se compune acum din fructe de tufiș, rădăcini și insecte. Animalul începe să meargă pe tălpile picioarelor din spate și pe încheieturile palmare ale labelor din față (vezi figura 14-4).
- Scheletul se adaptează la noul stil de mișcare, alimentare și viață.
- Maxilarul devine mai mic și fața mai verticală.
- Spre sfîrșitul *Epocii Miocene* tîrzii (în urmă cu circa 7 milioane de ani), animalul merge mai drept, înălțimea sa fiind de aproximativ un metru. Este o mică maimuță antropoidă, cunoscută astăzi sub numele de *Ramapithecus*.
- În *Epoca Pliocenului* (între acum 7 milioane pînă acum 2,5 milioane de ani), ființa se desprinde de maimuțele antropoide africane și devine un om-maimuță pe măsură ce creierul său se mărește și dobîndește și alte caracteristici de hominid (adică asemănătoare cu ale omului), în



Aegyptopithecus a proliferat în Epoca Oligocenului, în urmă cu 26-38 de milioane de ani. Reconstituirea se bazează pe numeroasele fosile ale acestei creaturi în greutate de 5 kg, descoperită în secolul XX.

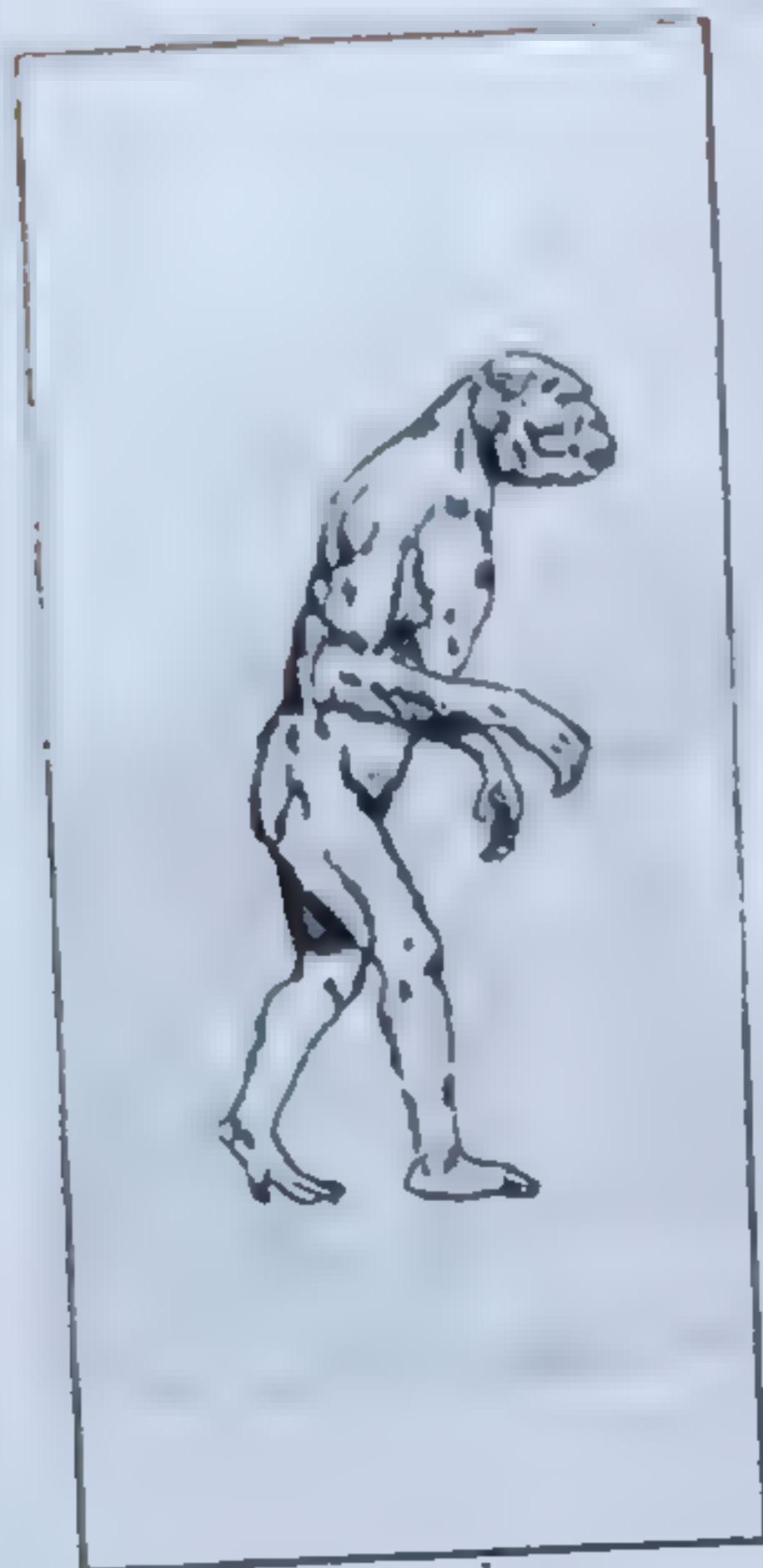


Proconsul a trăit în Epoca Miocenului timpuriu, mai precis cu 14-23 de milioane de ani în urmă.

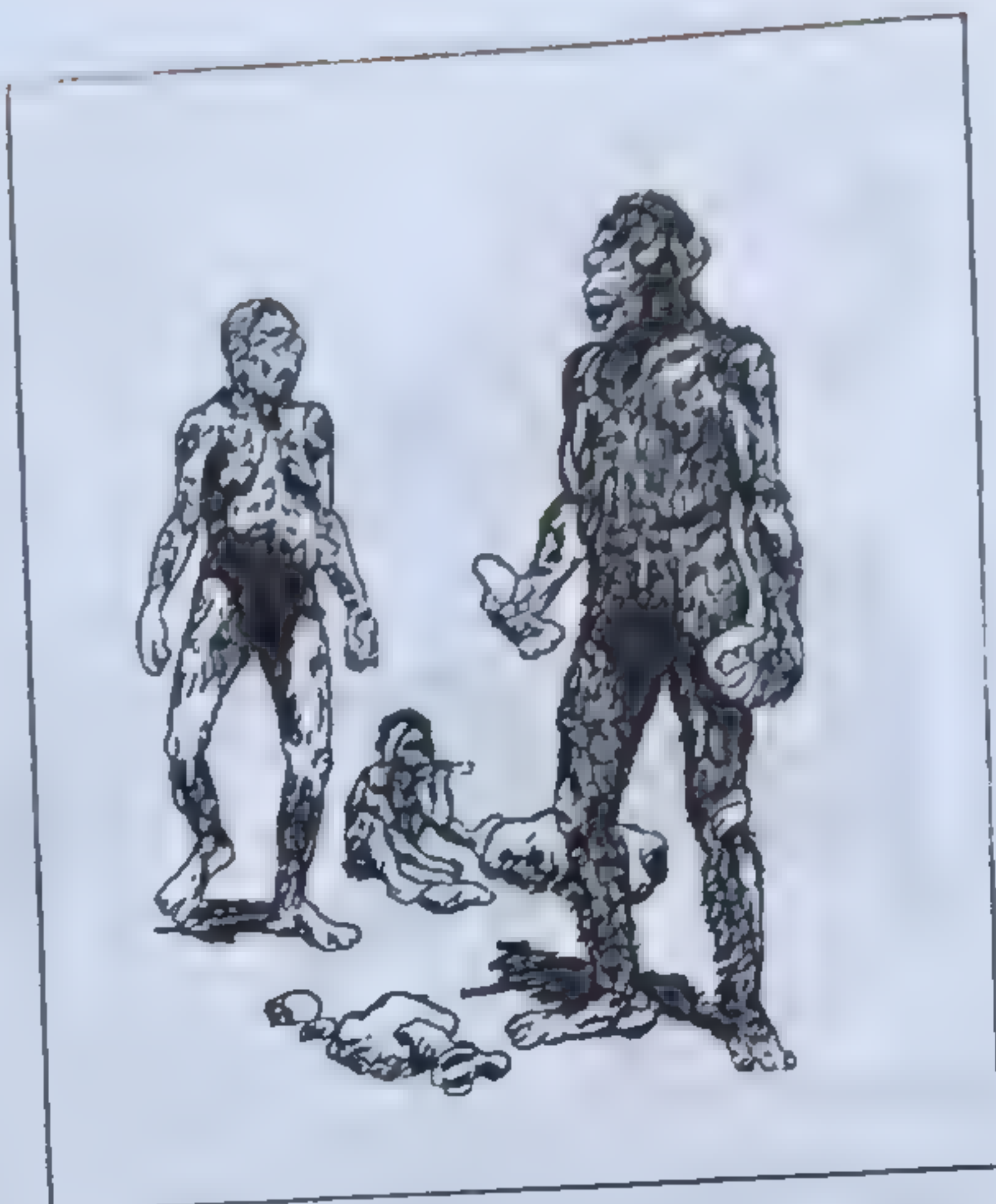
Figura 14-4. Primate ancestrale din Oligocen și Miocen

special mersul biped. Oamenii de știință ai secolului XX i-au dat numele de *Australopithecus*. Este o ființă păroasă și continuă să petreacă mult timp în copaci, dar se deplasează în grupuri, vînează cu ciomege, este agilă, are un văz foarte bun, este atentă și mai inteligentă decît babuinii sau maimuțele antropoide cu care concurează pentru aceeași hrană în savana africană. Nu are un limbaj, dar poate comunica printr-o serie de sunete, gesturi și expresii nonverbale. Speranța sa de viață este de 15-20 de ani (vezi figura 14-5).

- Pămîntul intră în *Epoca Pleistocenului* (care începe acum 2,5 milioane de ani) a actualei Ere Cuaternare. În următorul milion de ani, creatura se depărtează de maimuță și devine mai mult om. Într-o zi, ea va fi numită *Homo habilis*. Acesta începe să confecționeze unelte primitive de piatră și să construiască adăposturi, ceea ce are drept consecință apariția altor modificări biologice ale mîinii și centrilor cerebrali care controlează mîna. În această perioadă de înflorire a lui *Homo habilis* există circa 100 000 de indivizi.
- În următorii cîteva sute de mii de ani, animalul ajunge să fie mai înalt (cam 1,5 metri). Creierul este acum de două ori mai mare decît al lui *Australopithecus*. Acum 1,5 milioane de ani și pînă în urmă cu circa 400 000 de ani, această nouă specie, *Homo erectus*, marchează tranziția de la *Homo habilis* la primele forme de *Homo sapiens*. Este primul hominid care va părăsi Africa și va începe să populeze restul



Ramapithecus, sfârșitul
Epocii Miocenului, acum
șapte milioane de ani.



Familie de *Australopithecus*, acum patru
milioane de ani.

Figura 14-5. *Ramapithecus* și *Australopithecus*

Pământului, împrăștiindu-se pe mai multe continente. La un moment dat, specia totalizează circa un milion de indivizi.

În secolul XX s-au descoperit fosile de *Homo erectus* în China, Java, Africa și Europa, toate prezentând o capacitate cerebrală de circa 980 de cm³, o frunte plată și înclinată spre spate, un craniu plat, dinți și fălci mari și o bărbie mică. Acesta construiește colibe, iar în perioadele mai recente (acum 700 000 de ani) face foc și își gătește mâncarea. *Homo erectus* inventează unelte pentru așchiera lemnului, tăierea cărnii, jupuirea animalelor și netezirea pieilor (vezi figura 14-6).

Homo erectus vorbește în propoziții simple și dezvoltă o organizare socială mai complexă decât a strămoșilor săi. Munca se specializează pe sexe și unitatea familială capătă o importanță tot mai mare, grupuri de 20-50 de indivizi trăind împreună; uneori, aceștia locuiesc în case permanente. Speranța de viață este de 20-30 de ani, nu cu mult mai mică decât cea din Europa secolului al XIV-lea, când se murea în medie la vârsta de 38 de ani.

Resturile fosile ale lui *Homo sapiens* nu ne oferă o imagine concludentă. Există multe lacune și numeroase întrebări fără răspunsuri, care au fost suplinite de presupuneri. Cronologia descrisă mai sus se bazează în primul rând pe fosile găsite în ultimii 75 de ani, cum ar fi craniul de copil Taung (numit astfel după cariera de calcar Taung), descoperit de anatomistul Raymond A. Dart (1893-1988) în 1924 în deșertul Kalahari din Africa de Sud. Acesta are o vechime de două milioane de ani și a reprezentat prima

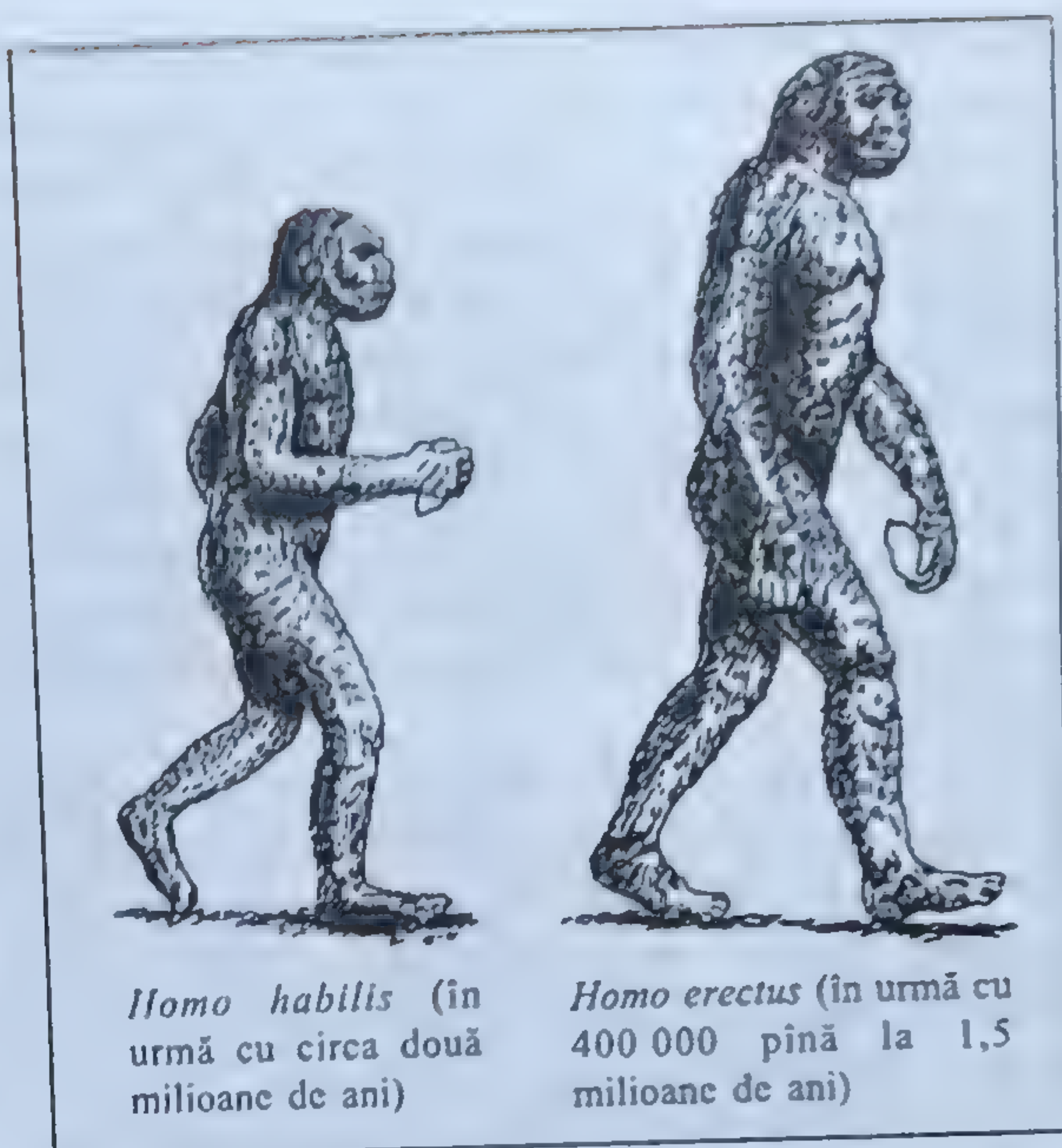


Figura 14-6. *Homo habilis* și *Homo erectus*

descoperire care susținea teoria lui Darwin și împlinea prezicerea lui că resturile fosile ale unui om-maimuță ar trebui să se găsească în Africa. Fosile similare au fost descoperite în 1936 și în anii următori în depozitele stalagmitice ale unor peșteri și fisuri străvechi formate în calcarele din Transvaal, Africa de Sud. Aceste fosile cuprind cranii, maxilare inferioare și superioare, dinți, membre, pelvisuri și vertebre. Începând cu anul 1924, arheologul și antropologul kenyan Louis S. B. Leakey (1903–1972) a întreprins cercetări arheologice în Africa de Est, unde a făcut câteva descoperiri importante. De asemenea, el a devenit cunoscut și datorită controversatelor interpretări ale propriilor descoperiri și ale altora.

În 1959, soția lui Leakey, Mary Leakey (1913–1996), de profesie antropolog, a descoperit un craniu complet de hominid vechi de 1,7 milioane de ani în canionul Olduvai din Tanzania. Era primul asemenea craniu găsit într-un perimetru din afara sudului Africii. Peste zece ani, fiul ei, Richard Leakey (1944–), a descoperit un craniu similar în valea unui râu sec, în apropiere de malul estic al lacului Turkana din nordul Kenyei. În 1974, paleontologul Donald C. Johanson (1943–) a făcut o descoperire extraordinară: un schelet aproape complet al unei tinere (botezată cu numele Lucy de către Johanson) care a trăit acum 3,5 milioane de ani pe teritoriul Etiopiei de azi. Lucy a stat la baza identificării noii specii a strămoșului omului, *Australopithecus* (vezi figura 14-5). Această descoperire remarcabilă se află astăzi într-un muzeu din Etiopia, dar un mulaj pictat există la Muzeul de Istorie Naturală din Cleveland, unde lucra Johanson

pe post de custode în secția de antropologie, la vremea când a făcut descoperirea. În perioada dintre 1988 și 1995, antropologul Meave Leakey (1942-) (soția și colaboratoarea lui Richard Leakey) a făcut importante descoperiri de fosile, care cuprindeau dinți, maxilare și porțiuni ale membrilor inferioare aparținând unor hominizi vechi de patru milioane de ani, la lacul Turkana. Am aflat astfel multe despre mărimea creierului strămoșilor noștri de atunci, și despre faptul că erau bipezi.

După 1924 s-au făcut numeroase descoperiri în Africa, în special în regiunea Omo din sudul Etiopiei și în zona lacului Turkana. Lacunele din istoria omului s-au redus în privința momentelor și a modului de ramificare a primatelor, pînă cînd s-a ajuns la cea mai inteligentă ființă cunoscută în acest colț de univers.

Strămoșii noștri îndepărtați care cutreierau savanele mergînd pe două picioare erau adaptați fizic pentru o viață nomadă. Cei care elaborau cele mai eficiente strategii de vînătoare și găseau cele mai bune adăposturi aveau, evident, șanse maxime de supraviețuire. Probabilitatea ca cei mai puternici, mai rapizi și în primul rînd cei mai inteligenți membri ai tribului sau grupului de a-și transmite genele era mai mare. Așa cum leul cel mai feroce și mai rapid domină specia leului, cei mai inteligenți hominizi și oameni au dominat specia strămoșilor noștri și au evoluat pînă cînd s-a ajuns la specia modernă *Homo sapiens*.

Tabelul 14-7.
31 decembrie, anul universului

Originea strămoșilor preistorici ai oamenilor	13:30
Primii oameni	22:30
Folosirea generalizată a uneltelor de piatră	23:00
Începutul ultimei perioade glaciare	23:56
Inventarea agriculturii	23:59:20
Primele orașe	23:59:35
Primele dinastii din Egipt	23:59:35
Dezvoltarea astronomiei	23:59:35
Prima scriere	23:59:51
Nașterea lui Hristos	23:59:56
Căderea Romei	23:59:56
Renașterea din Europa	23:59:59
Secolul XXI	Primele clipe ale Noului An 2000

Revenind la modelul Anului Universului, orarele de mai sus se referă la momentele importante ale după-amiezii și serii de 31 decembrie. În continuare vom examina descoperirile paleoantropologice care ne-au oferit o imagine clară asupra primilor oameni ce au apărut începînd cu ora 22:30 în această ultimă zi a Anului Universal.

Apare omul de Neanderthal, care apoi dispare

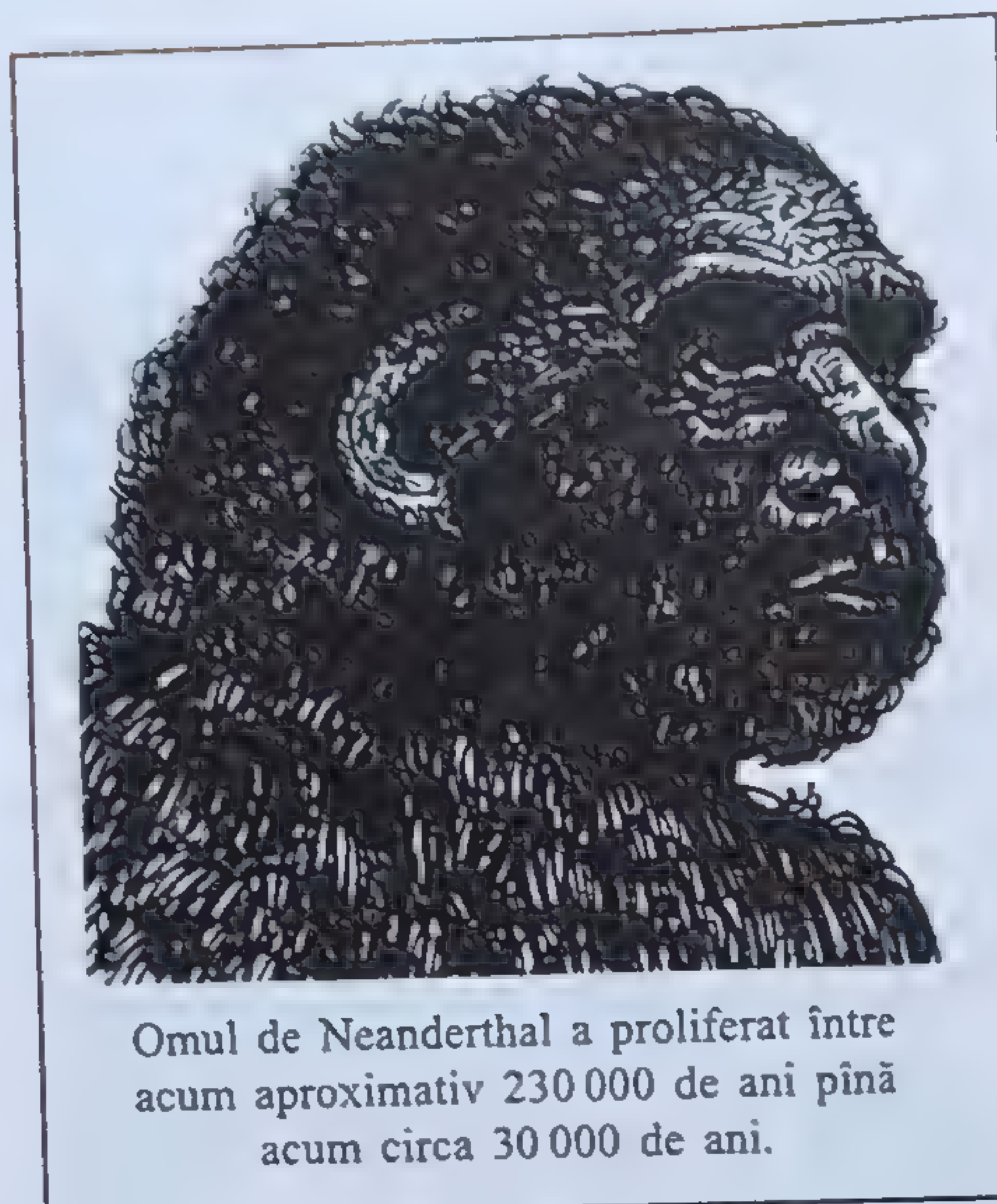
Rahitism, artrită și nou-veniții

În 1856, într-o peșteră de lângă Düsseldorf, Germania, un profesor de științe numit Johann Carl Fuhlrott a găsit paisprezece bucăți de os care păreau să aparțină unui om strâmb. Craniul era lung, jos și larg. Aceasta sugera că ființa respectivă avea arcade masive, o frunte teșită spre spate, pomeți mici, dinți mari, pieptul larg și membre grele, cu coapse și antebrațe curbate, labele de la mâini și picioare mai mari decât ale omului, dar cu degete mai scurte. Era primul craniu fosil de om preistoric descoperit vreodată. I s-a spus Omul de Neanderthal, după Valea Neanderthal din Germania, unde au fost descoperite oasele. Prima ediție a *Originii speciilor* a apărut trei ani mai târziu, în 1859. Dar nici la acea dată lumea nu era pregătită să accepte că ceea ce părea să fie un animal primitiv este strămoșul omului sau să admită ideea că primii oameni au trăit în peșteri. Fuhlrott însuși a tras concluzia că sînt niște oase umane probabil deformate de intemperii și s-ar putea să aparțină unui nefericit refugiat în peșteră după Potopul lui Noe. Alți oameni de știință care au examinat specimenul au tras concluzia că e un craniu vechi al unui debil mintal. Rudolph Virchow (1821–1902), un foarte respectat anatomist, patolog și om de stat, a scris că oasele aparțin unui călăreț din armata mongolă suferind de rahitism în copilărie și de artrită la bătrînețe și care fusese lovit în cap cu un ciomag. Pînă și prietenul și susținătorul lui Darwin, Thomas Huxley, biolog de renume mondial, care a examinat descoperirile respective, a declarat: „În nici un caz oasele de la Neanderthal nu pot fi considerate rămășițele unui om intermediar între noi și maimuțe”. Această părere a pus pe moment capăt oricăror speculații.

În 1886 s-au mai descoperit două schelete de neanderthalieni, de data aceasta în apropiere de Spy, Belgia. Lîngă schelete s-au găsit unelte de piatră și resturile unor animale astăzi dispărute. Deși Virchow a susținut și de astă dată teoria despre specimene bolnave, mulți oameni de știință au înclinat să creadă că ideea unui strămoș primitiv, deși dezgustătoare, este destul de plauzibilă. Începînd cu anul 1908, s-au descoperit fosile de Neanderthal mai complete în Franța.

În anii care au urmat, s-au găsit schelete de neanderthalieni în Europa, Asia și Africa. În total, s-au descoperit scheletele a aproximativ 300 de indivizi.

Astăzi, cei mai mulți paleoantropologi susțin la unison că neanderthalienii sînt strămoșii lui *Homo sapiens* și că au existat acum 230 000 de ani, dispărînd în urmă cu 30 000 de ani. Oasele de neanderthalieni au jucat un rol esențial în studierea evoluției omului. Acești oameni par să fi fost la fel de inteligenți ca omul modern. Aveau un creier greu de 1,5 kg, tot atît de greu ca al omului modern, și o poziție verticală, ca și a lui *Homo sapiens*. Supraviețuind în condițiile dificile ale unor epoci glaciare intermitente, ei locuiau în peșteri; foloseau focul, aveau torțe și



Omul de Neanderthal a proliferat între acum aproximativ 230 000 de ani pînă acum circa 30 000 de ani.

Figura 14-8. Neanderthalian

lămpi; vinau cu sulite și ocazional prindeau și pești; foloseau o largă varietate de unelte din piatră, lemn și os. De asemenea, își îngropau morții, vorbeau o limbă rudimentară și s-ar putea să fi avut o formă primitivă de religie. Fosilele conțin urme evidente de canibalism. Trăiau în grupuri de pînă la 30 de indivizi și hălăduiau în nord pînă în Marea Britanie și în sud pînă în Spania, ca și în zonele din Asia și Africa în care au fost găsite rămășițele lor. Vîrsta medie la care a survenit moartea este de 30 de ani, iar populația totală pare să fi fost de cîteva zeci de mii de indivizi la apogeul existenței speciei.

Acești primi oameni moderni i-au urmat lui *Homo erectus*. Ei au fost considerați în general drept oamenii Epocii de Piatră. Brusc, fosilele lor dispar concomitent cu apariția unei culturi noi, mai avansate, care fie i-a anihilat, fie a evoluat din neanderthalieni. „Nou-veniții“ erau diferiți de neanderthalieni. Aveau o frunte înaltă, pomeți mult mai pronunțați și o față mai plată. Din punct de vedere anatomic, ei sînt identici cu *Homo sapiens* și într-o zi vor deveni cunoscuți sub numele de omul de Cro-Magnon.

Descoperirea omului de Cro-Magnon ne relevă strămoșii direcți

Argilă și pămînt

Era în anul 1868. Lucrătorii feroviari care săpau într-o stîncă de calcar de lîngă satul Les Eyzies din regiunea Dordogne, din sud-vestul Franței, au dat de niște oase și unelte. Ei au anunțat oamenii de știință localnici, care au descoperit patru schelete omenești: un bărbat de vîrstă medie, un bărbat mai tînăr, o femeie tînără și un copilăș. Au mai găsit unelte și arme de silex, podoabe din scoici și dinți de animale. Peștera se numea Cro-Magnon, după un pustnic care locuise în zonă și se numise Magnon. Termenul se referă acum la oamenii moderni care au populat diverse zone ale planetei cu 10 000 pînă la 40 000 de ani în urmă. Cei mai mulți paleoantropologi cred că omul de Neanderthal a evoluat în omul de Cro-Magnon, în timp ce alții susțin că neanderthalienii, mai scurți, cu

oase mai grele, sînt o „ramură colaterală“ specializată a liniei umane, care a dus de la *Homo erectus* la omul de Cro-Magnon și deci la *Homo sapiens*. Paleoantropologii care subscriu la această teorie cred că neanderthalienii au dispărut pentru că nu au putut să concureze cu omul de Cro-Magnon în cei 10 000 de ani de coexistență temporală (între acum 40 000 de ani pînă acum 30 000 de ani) și că omul de Cro-Magnon este singura legătură evolutivă directă din *Homo erectus*. Argumentele ambelor teorii se bazează pe diferitele interpretări date numeroaselor fosile, unelte și arme ale oamenilor de Neanderthal și de Cro-Magnon descoperite în toată lumea, care datează din această perioadă. Potrivit acestei teorii, noi sîntem evident urmașii direcți ai omului de Cro-Magnon.

Deși mulți oameni de Cro-Magnon trăiau în peșteri, unii construiau adăposturi. Ei au confecționat unelte de pescuit și arme de vînătoare, cum ar fi plase, sulite și capcane. Erau înzestrați cu un talent artistic impresionant, după cum reiese din arta lor rupestră și din sculpturile în piatră, os și fildeș. Își coseau haine, produceau încălțăminte și descoperiseră focul. Aveau complicate ceremonii spirituale și ritualuri pentru vînătoare, înmormîntări și alte obiceiuri și activități. În situl Dolni Vestonice, din Republica Cehă, ei construiau încă de acum 27 000 de ani cuptoare în care ardeau un amestec de argilă și humus, obținînd ceramică, primul exemplu cunoscut în care omenirea combină și tratează două substanțe deosebite, pentru a obține un produs nou și diferit. Abia după 15 000 de ani, în Japonia, alt grup uman învață cum să transforme lutul în oale. Viețile și stilurile de viață ale oamenilor de Cro-Magnon erau foarte asemănătoare cu acelea ale indienilor nord-americani, ale aborigenilor australieni sau ale anumitor triburi africane. Populația de oameni de Cro-Magnon pare să se fi stabilizat la trei milioane de indivizi. Ei au pregătit terenul pentru apariția civilizației noastre moderne atunci cînd intram în ultimul minut al Anului Universului.

A fost nevoie de aproape patru milioane de ani pentru ca oamenii să evolueze din acea mică creatură negricioasă cu un ciomag în mîină, adică *Australopithecus* din Africa Centrală, la forma modernă de *Homo sapiens*. Dar numai în ultimii 30 000–40 000 de ani specia noastră a căpătat atributele fizice și intelectuale pe care le considerăm astăzi tipice pentru ființele umane. Bărbații și femeile de Cro-Magnon de acum 30 000–40 000 de ani erau la fel de inteligenți ca *Homo sapiens* de astăzi. Dacă am lua un prunc dintr-o comunitate Cro-Magnon de acum 30 000 de ani și l-am crește în casa noastră, este foarte probabil ca acesta să nu se deosebească cu nimic de un copil modern atît în viață, cît și la școală. Acest lucru nu ar fi valabil pentru Lucy sau pentru progenitura unui neanderthalian. Pe de altă parte, am acumulat cunoștințe și experiență de la o generație la alta pentru a ajunge la progresele tehnologice și a crea instituțiile sociale care caracterizează civilizația modernă.

Crearea raselor distincte este rezultatul selecției naturale

Homo erectus și umiditatea

Trăsăturile fizice se dezvoltă în interiorul uneia și aceleiași specii ca rezultat al presiunilor mediului înconjurător, într-un proces similar cu cel al izolării reproductive despre care am vorbit în capitolul 14. La milioane de ani după ce hominizii s-au izolat reproductiv de celelalte primate, deosebirile dintre ei au început să apară din cauza izolării lor geografice. Ei s-au adaptat la acele împrejurări unice de mediu și specia s-a transformat treptat în *Homo sapiens*. Potrivit celui mai plauzibil scenariu, mici grupuri sau turme de *Homo erectus* au migrat din Africa în diferite alte locuri de pe glob, au trăit în izolare unii față de alții și în lupta lor cu o lume ostilă au evoluat. Totuși, această perioadă de izolare nu a fost suficient de lungă pentru a duce la speciație, adică la crearea de specii separate. Altfel spus, oamenii din toate rasele importante se pot împerechea cu indivizi din oricare altă rasă, producând urmași fertili.

Știind astăzi ceea ce am aflat între timp despre mișcarea treptată a scoatei terestre, despre ciclurile de glaciație și despre efectul mediului asupra evoluției fiecărei specii, putem înțelege cum grupurile izolate de *Homo erectus* au început să capete caracteristici unice. De pildă, deoarece expunerea prelungită la razele ultraviolete afectează pielea, oamenii care trăiesc mai aproape de ecuator au dobândit un pigment al pielii mai închis la culoare decât ceilalți semeni ai lor. Biologul și fiziologul german din secolul al XIX-lea Carl Bergmann (1814–1865) a dovedit că oamenii din regiunile mai reci sînt mai îndesați decât cei din regiunile mai calde, pentru că vîntul înghețat a determinat evoluția corpurilor, în sensul că au devenit mai scurte și mai masive pentru a păstra mai bine căldura. De asemenea, din cauza condițiilor de mediu, ochii lor au devenit mai oblici, fiind protejați de pleoape mai groase. Studiile lui Bergmann au condus la principiul cunoscut sub numele de Regula lui Bergmann, potrivit căreia temperatura exterioară este corelată cu raportul dintre suprafața corporală și greutatea animalelor cu sînge cald.

Mai există alte trăsături reprezentînd valoroase adaptări la mediu. De pildă, forma nasului este legată de umiditate, pentru că principala funcție a nasului o constituie umezirea aerului respirat. Dacă umiditatea relativă conținută în aerul inhalat de o persoană nu ajunge pînă la circa 95%, plămîinii persoanei vor avea de suferit. Oamenii din zonele uscate, cum ar fi asiaticii, au în general nasuri mai înguste, forma aceasta aducînd corpului mai multă umiditate la inspirație. Pe de altă parte, locuitorii din centrul Africii au nasuri late. O mulțime de alte trăsături fiziologice, cum ar fi înălțimea, culoarea și tipul părului, pulsul, creșterea oaselor, amprentele și

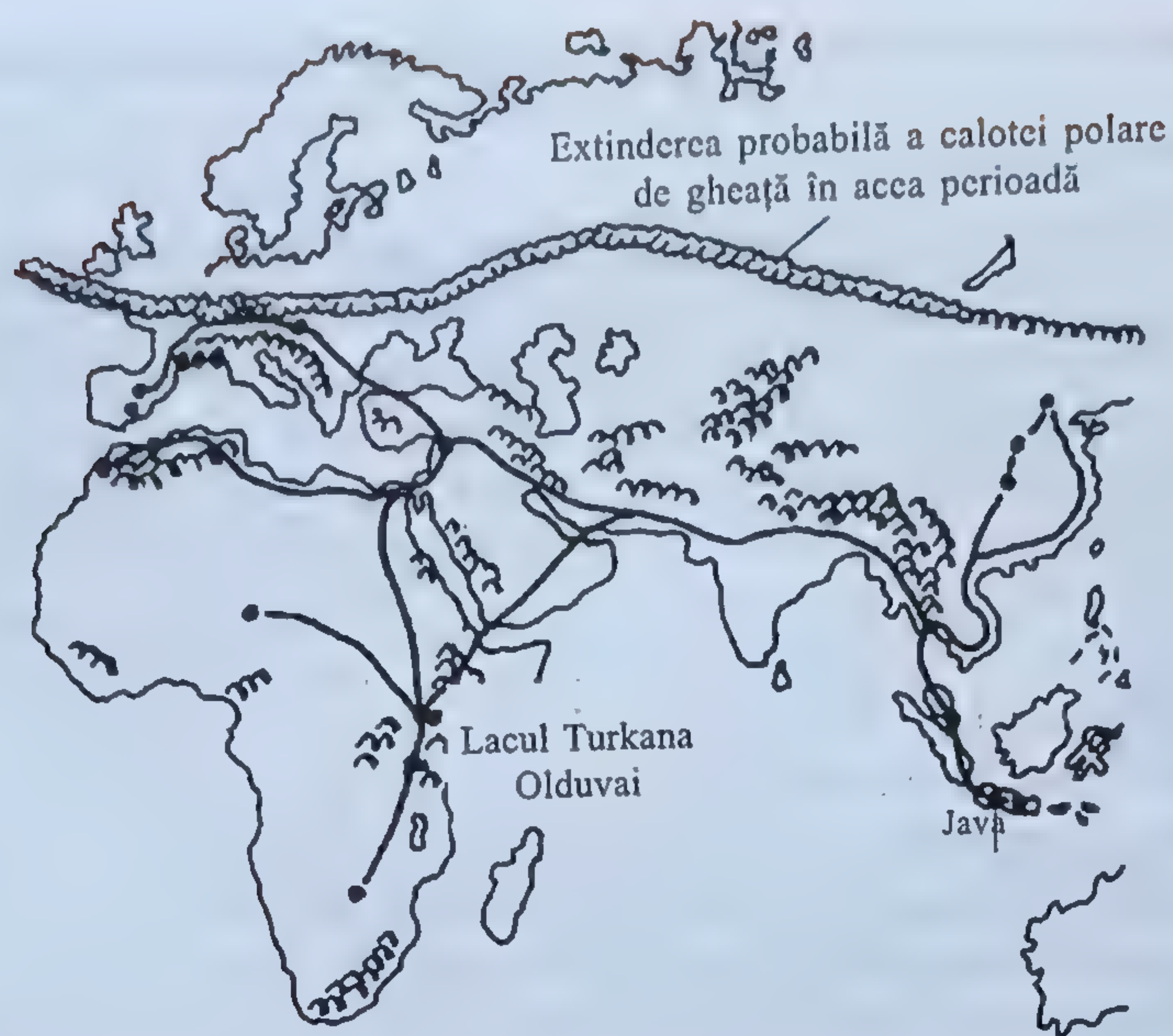


Figura 14-9. Traseele probabile ale expansiunii lui *Homo Erectus*

grupa sanguină, au fost studiate și atribuite unor factori de mediu la care s-au adaptat strămoșii noștri într-o perioadă de aproximativ un milion de ani.

Oamenii de știință au fost în măsură să „urmărească” în acțiune procesul selecției naturale la animale. De pildă, în noiembrie 1994, un biolog de la University of British Columbia a raportat că o populație de pești țepoși a început să-și schimbe forma și obiceiurile de hrănire în doar câteva generații atunci când un intrus i-a silit să caute altă nișă ecologică. Nenumărate studii pe alte animale, inclusiv studiile din secolul XX asupra cintezelor din Insulele Galapagos, au furnizat date obiective despre acest proces lent și discret.

Evoluția umană este afectată de factorii geografici și climatici, ca și de alte condiții externe, cum ar fi prezența animalelor de pradă, bolile, migrația, conflictele și competiția pentru spațiul de reproducere, de trai și de hrană. De-a lungul existenței de un milion de ani a lui *Homo erectus* s-au dezvoltat, ca reacție la toți acești stimuli, trăsături genetice distincte pentru fiecare dintre aceste grupuri izolate, antropologii de azi identificând nouă rase geografice importante: (1) europeană caucaziană; (2) africană negroidă; (3) asiatică mongoloidă; (4) australoidă; (5) amerindiană; (6) asiatică indiană; (7) polineziană; (8) melaneziană; (9) microneziană. În același timp, fiecare grup și-a dezvoltat propria limbă și cultură și și-a făurit propria istorie.

Existența unor rase distincte a avut efecte politice majore

Poarta zeilor

Dezvoltarea fiziologică și culturală similară și diferențierea grupurilor rasiale ni se relevă acum ca una dintre cele mai importante realități *politice* din istoria omenirii. Acum circa 10 000 de ani, omul s-a transformat din culegător și vânător în crescător de animale și agricultor. Culegătorii și vânătorii cutreierau ținuturile în grupuri alcătuite în medie din patruzeci de indivizi, urmînd turmele de animale pentru a-și asigura o sursă de hrană. Dar după ultima Glaciațiune, vegetația a devenit atît de abundentă, încît oamenii s-au hotărît să rămînă într-un loc pentru a domestici animalele și a cultiva plantele. Ne-am transformat într-o specie care își modelează peisajul. Aceasta a reprezentat o schimbare importantă în evoluția culturală și comportamentală a speciei noastre, marcînd momentul în care oamenii s-au dovedit capabili să întemeieze sate și comunități și, într-adevăr, să creeze civilizația așa cum o concepem noi astăzi. Înainte de această schimbare, era dificil să se dezvolte o tehnologie însemnată, pentru că nomazii trebuia să care cu ei totul în urmărirea turmelor migratoare. O cultură limitată la unelte simple, ușoare și accesibile în fiecare seară, apoi împachetate dimineata, nu putea fi compatibilă cu ideea de creativitate, inovație, experimentare sau dezvoltare a minții. Pînă să se așeze într-un loc și să întemeieze comunități stabile, omul era preocupat exclusiv de supraviețuirea zilnică. Singura lui ambiție o reprezenta respectarea tradițiilor statornicite de generațiile anterioare și perpetuarea speciei.

Pînă acum circa 10 000 de ani, invențiile omenirii s-au rezumat la uneltele de bază folosite în vînătoare și pescuit și poate la cuptoarele omului de Cro-Magnon. În această perioadă se dezvoltă și topirea cuprului și este inventată roata, fie în Orientul Mijlociu, fie în partea de sud a fostei Uniuni Sovietice. Fără îndoială că roata a accelerat puternic dezvoltarea tehnică ce avea să înceapă peste cîteva mii de ani, iar în cele din urmă a dus și la folosirea tăvălugurilor și a scripeților, în agricultură și în alte domenii. Inventarea roții a fost urmată de tehnicile de tăbăcire a pielii, de țesut și producția ceramică. Acum aproximativ 6000 de ani am învățat cum să combinăm cuprul și zincul pentru a obține bronzul. Metalurgia fierului s-a dezvoltat în urmă cu circa 3500 de ani. În jurul anului 1000 î.Hr, fierul a început să fie produs în India, de unde s-a răspîndit în alte părți ale lumii. Apariția așezărilor permanente și a noii tehnologii a avut un efect extraordinar asupra populației lumii, care a crescut de la circa 5 milioane la 86 de milioane de indivizi. Este o creștere de peste șaptesprezece ori într-o perioadă de numai 4000 de ani, în intervalul cuprins între 10 000 și 6000 de ani.

În jurul anului 3000 î.Hr., omul a domesticit boul și calul, care au

început să tragă care, iar în jurul anului 2000 î.Hr. am descoperit cum se călărește calul și cum se poate călători pe mări. Datorită bărcilor, cailor, căruțelor, drumurilor și podurilor, și concomitent cu expansiunea și creșterea spiritului de aventură, oamenii au început să traverseze lanțurile muntoase, să călătorească în josul râurilor și chiar pe mări. Ei au parcurs distanțele care separau grupurile pînă atunci izolate. Potrivit legilor naturii, aceste grupuri au intrat în competiție. S-au luptat pentru teritoriu și hrană și pentru motive mai puțin importante. Oamenii s-au răspîndit în orașe și sate pe tot teritoriul, rezultînd un contact sporit între cei ce vorbeau limbi diferite, între cei mai deschiși sau mai închiși la culoare, mai înalți sau mai scunzi, care credeau în zei diferiți, se rugau la idoli diferiți, se îmbrăcau ciudat și din cauza acestor deosebiri erau adesea considerați inferiori. Pe măsură ce concurența a crescut și teritorialismul a devenit naționalism, aceste deosebiri au ajuns să justifice războaiele.

Conform concepției europene mărginite reflectată în literatura Evului Mediu, orice deviere fizică de la „norma“ europeană era considerată rezultatul degenerării sau al pedepsei divine pentru un păcat. Istoria mai tuturor celorlalte culturi umane abundă în asemenea viziuni înguste și grandomane. Culturile și triburile de pe tot Pămîntul se autointitulau „oameni“ sau „poporul“ și le atribuiau celorlalte grupuri umane statutul de sub-oameni. Mediteranean înseamnă „din mijlocul Pămîntului“. Mii de ani, China s-a numit Imperiul de Mijloc. În Grecia antică, muntele Olimp, sălașul zeilor, era centrul Greciei, care, la rîndul său, reprezenta centrul Universului. Hindușii plasau muntele Mem în centrul Universului, așa cum Pămîntul a fost considerat centrul Universului înainte de mișcarea coperniciană din perioada Renașterii. Babilon înseamnă „Poarta Zeilor“ și reprezenta locul în care zeii au coborît pe Pămînt. Pentru musulmani, Piatra Kaaba era cel mai înalt loc de pe Pămînt.

Evident, istoria este un domeniu complex. Conflictele apărute de-a lungul timpului rezultă dintr-o mare varietate de fapte și împrejurări existente la un moment dat. Dar se poate afirma fără putință de tăgadă că deosebirile fizice și culturale dintre grupuri și națiuni au fost una din principalele platforme ale acestor conflicte de-a lungul ultimelor mii de ani. Aici să înscriem și conflictele dintre diversele grupuri rasiale din Statele Unite și din alte țări. Conflictele care au declanșat inițial primele bătălii între triburi au izbucnit în secolul XX cu o brutalitate inimaginabilă. Deosebirile religioase și culturale au reprezentat principala cauză a morții mai multor oameni în secolul XX decît în toate celelalte secole anterioare laolaltă.

Deoarece *Homo erectus* s-a răspîndit în toată lumea, apoi a evoluat în mai multe rase și culturi, istoria omenirii abundă în relatări despre conflicte militare, dominație, înrobire a popoarelor la scară mondială și ură manifestată între grupuri de oameni diferite prin cultură și aspect fizic.

Dacă am fi înțeles dinainte mecanismele reale și istoria evoluției umane, oare suferințele ar fi fost mai mici? Dacă oamenii și-ar fi dat seama că apariția lor și deosebiriile culturale sînt rezultatul evoluției și nu al voinței zeilor și nici reflectarea unei superiorități înnăscute, poate că nu ar fi fost atît de grăbiți să se condamne unii pe alții la tortură, schilodire și moarte.

Altfel spus, dacă *toți* oamenii ar fi evoluat într-un singur centru geografic pînă de curînd (poate pînă în ultimele cîteva mii de ani), selecția naturală nu ar fi avut timpul necesar pentru a produce deosebiri culturale sau fizice sesizabile între noi. De pildă, rezultatul ar fi fost acela că toți oamenii ar fi avut păr negru, ochi albaștri, piele maronie și trăsături și înălțimi mai uniforme. Mai important, fiind un grup unic, ar fi vorbit toți aceeași limbă și ar fi avut credințe culturale și religioase similare. Figurile și personalitățile s-ar fi deosebit unele de altele, dar între noi ar fi fost diferențieri mult mai mici. Într-o asemenea lume nu ne-am fi bucurat de fascinanta diversitate a culturilor actuale, iar istoria omenirii ar fi cunoscut alt curs. Oamenii ar fi descoperit alte motive pentru discriminare și înrobire într-o lume monoculturală. Dar am fi evitat oare miile de războaie între națiuni și milioanele de morți, răniți și populațiile înrobite care au rezultat din deosebiriile culturale și religioase?

Nu vom cunoaște niciodată răspunsul la această întrebare. Dar am putea trăi într-o mai mare armonie dacă am înțelege evoluția omului și am fi conștienți că sîntem o specie unică. Sîntem cu toții descendenții unui mic lemurian. De fapt, după cum vom vedea în partea a VI-a, primul nostru strămoș comun este acel animal monocelular care a apărut pe Pămînt în ziua de 25 septembrie a Anului Universului.

Paradoxal, am ajuns într-un punct al evoluției în care procesele noastre mentale sînt suficient de complexe pentru a ne permite descoperirea legilor naturii, dar în același timp selecția naturală joacă un rol mult mai puțin important în viața noastră cotidiană și în destinul nostru pe termen lung. Încă de acum 10 000 de ani, cînd ne-am organizat în comunități bazate pe cooperare, a contat mai puțin cît de rapid poate să alerge oricare dintre noi. Oamenii supraviețuiesc acum într-un mediu ostil ca urmare a schimbării condițiilor, nu datorită adaptării noastre bazate pe selecția naturală. Noi am moștenit toate trăsăturile fizice și abilitățile de la strămoșii noștri ce aparțineau unei specii favorizate de soartă. Dar acum specia noastră se definește aproape în totalitate prin capacitatea de a se gîndi la viitorul său, de a-și forma o imagine despre sine și de a remodela mediul, în bine sau în rău, o capacitate formidabilă datorată exclusiv forțelor selecției naturale care ne-a modelat creierele astfel încît să devină cele mai dezvoltate de pe această planetă.

Noi nu mai jucăm după regulile selecției naturale. Noi schimbăm mediul pentru a-l adapta trebuințelor noastre. Atunci cînd organisme străine ne

îmbolnăvesc, inventăm medicamente pentru a le omorî. Dacă nu vedem bine, purtăm ochelari și dacă sîntem prea lenți ca să mai putem prinde un iepure, punem mîna pe o armă și îl împușcăm. Acest comportament ne-a făcut să devenim tot mai slabi din punct de vedere fizic, mai sensibili la infecții și mai dependenți de puterea creierului nostru pentru a supraviețui. Perpetuarea speciei umane va depinde de capacitatea de a elabora un plan eficient de menținere a mediului ambiant. Celelalte miliarde de vietăți de pe Pămînt furnizează materii prime, nișe ecologice și exercită asupra selecției naturale presiuni care mențin echilibrul natural al lumii noastre. Noi sîntem unicul organism capabil să descrie aceste procese complexe și care totuși le alterează radical.

Deși acum înțelegem în profunzime procesul evoluției, constatăm că n-a încetat să stîrnească controverse. În efortul de a-și justifica viziunea lor irațională asupra evoluției, mulți susțin că aceasta încă este o „teorie”. Într-adevăr, în 1859 era o teorie. Dar astăzi reprezintă un principiu absolut și inevitabil, un fapt de netăgăduit. Să numești evoluția o simplă teorie și deci să ignori solidul și incredibilul edificiu al informațiilor și cunoașterii nu este decît un simplu joc de cuvinte care ține de domeniul semanticii. Termenul de „teorie” este probabil cel mai nepotrivit cuvînt din societatea noastră și nu are nimic comun cu știința sau cu dezbaterea științifică. Prin analogie cu mii de alte fapte științifice demonstrate fără putință de tăgadă, ori de cîte ori creaționiștii pun la îndoială evoluția, în această „controversă” nu sînt implicate două tabere cu o credibilitate cît de cît echivalentă. Pur și simplu, așa cum i-a spus Huxley lui Wilberforce în disputa lor din 1860, de vreme ce oamenii sînt „foarte înzestrați de natură”, nu ajutăm cu nimic specia umană și nu sîntem demni de această formidabilă capacitate de a învăța și de a raționa dacă „introducem ridicolul într-o discuție științifică serioasă”.

Capitolul 15

Deriva continentelor

„Continentele se deplasează, fiind transportate de mari fragmente ale scoarței terestre... Plăcile se scutură și se cutremură de peste un milion de ori pe an. «Pământul solid» nu este chiar atât de solid pe cât credeam. Este plin de energie, este în mișcare, este practic neobosit... El își recrează încontinuu propria suprafață, distrugînd-o, reparînd-o, reînnoind-o ca pe o piele.”

JONATHAN WEINER
Planeta Pământ (1986)

Cu mult timp înainte ca Darwin să fi scris *Originea speciilor*, oamenii erau conștienți de relația complexă dintre plante și animale în cadrul ecosistemelor și de importanța climei, a topografiei și a altor factori de mediu pentru supraviețuire. O dată cu apariția teoriei evoluției, concepția despre această interdependență s-a extins pentru a include și selecția naturală. Dar o descoperire nouă, revoluționară în geologie a evidențiat, începînd cu anii 1960, un aspect critic al procesului evoluționist. În timp ce paleoantropologii adunau fosilele care ne-au permis să ne urmărim strămoșii pînă în urmă cu 65 de milioane de ani, apăreau noi dovezi geologice care evidențiau o cauză uluitoare și necunoscută anterior pentru a explica multe dintre aceste schimbări ale mediului și presiunile care declanșează selecția naturală.

Avînd drept graniță falia San Andreas din California, două gigantice mase de pământ cunoscute sub numele de Placa Pacificului și Placa Nord-Americană (două dintre cele zece mari plăci ale scoarței și mantalei Pământului care acoperă suprafața planetei) se macină reciproc în timp ce lunecă una față de cealaltă cam cu viteza cu care ne cresc nouă unghiile. În aproximativ cincisprezece milioane de ani, Los Angeles și San Francisco se vor afla unul lîngă celălalt.

Numai sub Los Angeles se găsesc o sută de falii active – o permanentă amenințare la adresa acestei importante aglomerări umane. Deși nu se poate face practic nimic pentru atenuarea acestei amenințări, acum noi înțelegem cauzele ei fundamentale și ne dăm seama că face parte dintr-un fenomen global care a avut un efect major asupra întregii vieți, nu numai asupra cetățenilor din California, de multe milioane de ani. Descoperirea existenței plăcilor tectonice și cunoștințele căpătate despre acestea –

dinamica proceselor de derivă a continentelor – au unificat remarcabil domeniile geologiei și evoluției.

Cutremurele și vulcanii au dat naștere unei mitologii ca urmare a distrugerilor și morților pe care le-au provocat în toată lumea

Balene, porci mistreți și șerpi

Lisabona, Portugalia, 1755: Un cutremur violent omoră 60 000 de oameni, înecați de valurile provocate de seismul cu epicentrul aflat în larg, zdrobiți de cele 12 000 de clădiri distruse și dispăruți în incendiile care au mai durat încă șase zile după șocul inițial.

Laki, Islanda, 1783: Cenușa acestui vulcan a distrus vegetația și a provocat foamete și epidemii care au cauzat moartea a 10 000 de oameni.

Unzen-dake (Japonia), 1792: Viiturile de noroi provocate de acest vulcan au distrus satele de pe versanții lui. Au murit 10 452 de oameni.

New Madrid, Missouri, 1811: Primul dintr-o lungă serie de cutremure și replici care au durat aproape două luni este simțit pe o rază de 1600 km și cauzează inundații și distrugerii pe o suprafață foarte întinsă.

Tambora, Indonezia, 1815: Peste 12 000 de oameni mor din cauza ploii de bolovani și cenușă care distruge recoltele și toată viața din jur. Foametea care a urmat a provocat moartea a 80 000 de oameni din insulele învecinate, Sumbawa și Lombok.

Krakatoa, Indonezia, 1883: După ce a stat adormit vreme de peste două sute de ani, acest vulcan a început, din 20 mai, să arunce nori de cenușă pînă la înălțimea de 10 km. Vulcanul a fost activ cu intermitențe în următoarele luni, pînă la apogeul de pe 27 august, cînd a produs poate cea mai violentă erupție din istoria modernă. Exploziile s-au auzit la peste 3500 km distanță, în Australia, cenușa a fost aruncată în atmosferă pînă la o înălțime de 80 de kilometri, iar erupția a provocat valuri seismice care au omorît 36 000 de oameni în insulele învecinate, Java și Sumatra.

Mount Pelée, Martinica, 1902: Un nor vulcanic de cenușă și lavă a omorît 29 000 de oameni în trecerea lui peste orașul Saint-Pierre.

Kelud, Java, 1902: Atunci cînd a erupt acest vulcan, inundațiile și viitura de noroi rezultate din ieșirea apei din crater au cauzat moartea a 5100 de oameni.

San Francisco, 1906: Pe 18 aprilie, la ora 5:12 după-amiază, falia San Andreas a alunecat violent pe un segment de cîteva sute de kilometri și a omorît 700 de oameni, provocînd și un incendiu care a distrus cartierul comercial din centrul orașului.

Tokio, 1923: Un cutremur violent cauzează aproximativ 140 000 de morți

și aproape jumătate din toate structurile din zona metropolitană se prăbușesc.

Coasta chiliană, 1960: Pe o distanță de 1600 km de-a lungul coastei chiliene, cutremurul a omorât 5700 de oameni și a rănit 3000. Valurile seismice care au rezultat au ajuns în Hawaii, Japonia și pe coasta de vest a Statelor Unite, unde au cauzat alte morți și distrugerii.

T'ang-shan, China, 1976: Pe 28 iulie, un cutremur cu epicentrul în apropierea acestei regiuni miniere și industriale de la est de Beijing a produs cel mai mare dezastru natural din istoria modernă: 240 000 de oameni morți și 500 000 răniți.

Conform mitologiei tribului Mayawyaw din insula Luzon, Filipine, o zeiță numită *Aninito ad Chalom* este cauza tuturor cutremurelor. În legende tribului Bhuiya din India, zeița *Baski Mata* stă în cap pe fundul mării și susține Pământul cu picioarele. De câte ori tresare sau își schimbă poziția, se produce un cutremur. Oamenii primitivi din Chile credeau că în vulcani se află o balenă monstruoasă. În India, erupțiile vulcanice erau atribuite unei cârtițe uriașe și unui porc mistreț feroce. Indonezienii credeau că, atunci când șarpele *Hontobogo* se mișcă, Pământul se scutură și din munți iese foc. În Sumatra se sacrificau animale pentru îmbunarea spiritelor care sălășluiau în vulcani. Tribul Bagobos din Filipine sacrifică chiar oameni. Miturile despre ciclopi și titani au fost inspirate de activitatea vulcanică.

Aristotel credea că exploziile vulcanice și cutremurele sînt cauzate de vînturile fierbinți care bat pe sub pămînt și care ocazional izbucnesc în erupții sau produc vibrațiile cutremurelor. El pune aceste vînturi fierbinți pe seama comprimării create atunci cînd valurile care se sparg de țarm forțează aerul cald să intre în peșterile aflate de-a lungul coastei. Ca multe dintre teoriile emise de Aristotel, această „teorie pneumatică” a rezistat peste 2000 de ani, fiind în cele din urmă infirmată.

În martie 1996, vulcanul „El Popo” (adică Popocatepetl, însemnînd în limba aztecilor „muntele care fumegă”), aflat la 65 km sud-est de Ciudad de Mexico, a revenit brusc la viață și a început să azvîrle cenușă și aburi. Indienii din satul Xalitzintla și mulți alții dintre cei 400 000 de oameni aflați în umbra lui El Popo au urcat pe pantele pline de cenușă ale vulcanului înalt de 5500 metri cu ofrande constînd în fructe, flori și suc de ardei iute, în speranța că acesta nu va erupe și nu îi va îngropa în lavă. Miturile primitive proliferază și în prezent în multe culturi în încercarea de a face lumea mai inteligibilă și ușor de influențat, de a înlătura dezastrele, de a diminua frica și neajutorarea în fața unor fenomene fizice copleșitoare, cum sînt cutremurele și erupțiile vulcanice. Frica a creat mai întîi zeii: teama că satul tău ar putea fi următorul, că va fi îngropat sub cenușă sau că va fi zgîlțuit pînă la temelii. Avînd în vedere numărul mare de morți și distrugerii cauzate de cutremure și vulcani, nu este de mirare că aceste activități misterioase au devenit parte

integrantă a culturilor din întreaga lume, determinând eforturile oamenilor de a găsi o explicație a producerii lor.

Începînd cu James Hutton și Charles Lyell, geologii din secolele XIX și XX s-au străduit să descopere cauzele cutremurelor și erupțiilor vulcanice. Totuși, după cum se întîmplă adesea, la mijlocul secolului XX geologii au început să înțeleagă că adevărul este chiar mai straniu decît toate mitologiile inspirate de aceste activități. Deși Hutton și Lyell și-au dat seama că Pămîntul este în permanentă schimbare, ei nu și-au închipuit niciodată că geologii moderni vor descoperi în cele din urmă cauza reală a acestor fenomene.

Plăcile masive ale scoarței terestre redesenează treptat continentele

Pangeneza și insula India

Teoria derivei continentelor a fost propusă pentru prima oară de geofizicianul și meteorologul german Alfred Wegener (1880–1930). El a studiat forma similară a coastelor estului Americii de Sud și vestului Africii și a emis ipoteza că acestea au fost unite în urmă cu circa 250 de milioane de ani într-un continent gigantic, numit Pangaea (*Pan* însemnînd „toate“, iar *gaia* „Pămînt“). Contrar altor teorii ale deplasării continentelor, teoria pangenezei lui Wegener stipula că toate continentele s-au rupt de Pangaea și s-au deplasat în derivă mii de kilometri, asemenea fragmentelor desprinse din banchiza polară. În cartea sa din 1915, *Originile continentelor și oceanelor*, Wegener face observația că Munții Apalași par a fi o parte din același lanț muntos care trece prin Noua Scoție, apoi prin Scoția și Scandinavia; că lanțul muntos care traversează Argentina pe direcția est-vest se potrivește cu cel corespunzător din Africa de Sud, că un platou din Brazilia prezintă similitudini cu o structură din Coasta de Fildeș, din Africa. Exemplele pe care se baza el nu se limitau la asemănările fizice. Fosilele de ferigi din anumite locuri din lume se potrivesc surprinzător de bine și ar fi suficiente, ele singure, să justifice teoria pangenezei. În ciuda acestor dovezi concludente, la moartea lui Wegener, survenită în timpul unei expediții în Groenlanda, în 1930, cei mai mulți geologi

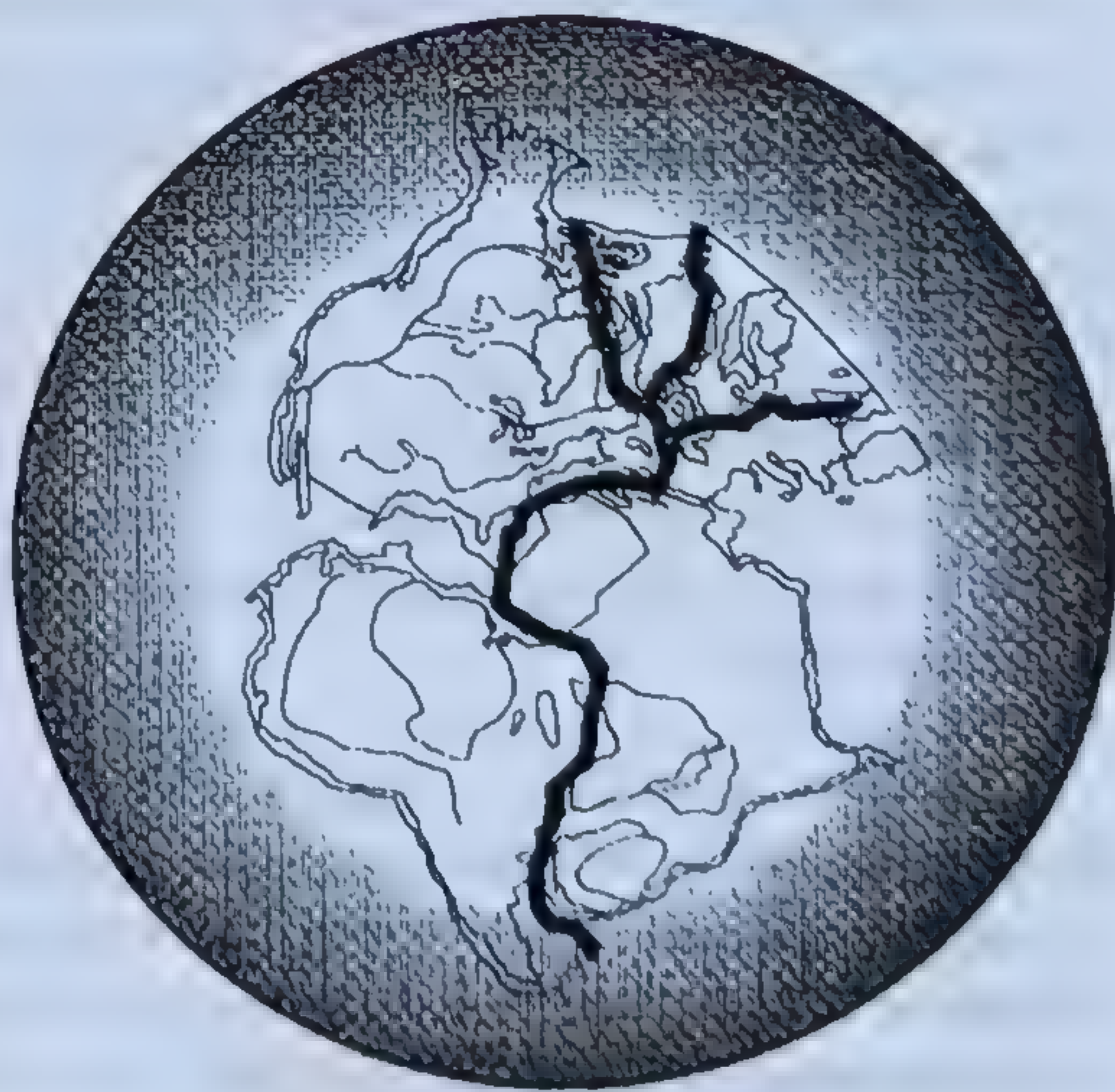


Figura 15-1. Pangaea

respingeau teoria derivei continentale. Pangeneza avea să fie ignorată zeci de ani.

Prin 1955, manualele de geologie reflectau insuficiența cunoștințelor noastre în privința munților, vulcanilor și cutremurelor. De exemplu:

Cauza... lanțurilor muntoase încă nu este stabilită... Până când vom dobîndi... o cunoaștere mai bună a interiorului planetei noastre... originea lanțurilor muntoase și a vulcanilor va rămîne necunoscută... Rezultatele pozitive obținute prin metodele seismologice... prefigurează o nouă și extrem de interesantă epocă pentru cercetare...

Într-adevăr, știința geologiei era în pragul unui progres considerabil. Ca rezultat al explorării intense a fundului marin pentru găsirea submarinelor din al doilea război mondial, conjugate cu alte dovezi geologice care încep să se acumuleze în anii '50, o teorie mai detaliată și mai precisă a derivei continentelor evoluează într-un domeniu nou – tectonica plăcilor. Dovezile devin copleșitoare. Noua concepție despre planeta Pămînt este în primul rînd o consecință a următoarelor descoperiri:

- *Similitudini la organisme fosilizate* din straturile continentelor îndepărtate, în zonele în care acestea se potrivesc ca formă (ca în America de Sud și Africa).
- *Similitudinile rocilor și structurilor* din continentele îndepărtate, în aceleași zone.
- *Subțierea scoarței terestre* în zone din toată lumea, cum ar fi marginea nordică a Plăcii Australiene care, după ce a fost împinsă sub Placa Eurasiatică, a format Munții Himalaya, sau împingerea părții de vest a Plăcii Pacificului sub Placa Asiatică, din care rezultă mulțimea de vulcani și cutremure din Japonia și din zona înconjurătoare.
- *Configurația și compoziția fundului oceanelor*, cum ar fi despărțirea plăcilor de către lanțul muntos oceanic lung de 46 000 kilometri, generat de noua crustă formată prin răcirea mantalei terestre. Acest fenomen se numește expandarea fundului oceanic și este dovedit prin datarea mineralelor și sedimentelor care formează fundul oceanului.
- *Direcția magnetismului rocilor de pe fundul oceanului* care prezintă imagini „în oglindă”, urmărind „liniile de creștere” a fundului oceanelor.

Direcția cîmpului magnetic al mineralelor de pe fundul oceanelor a furnizat dovezi fascinante și convingătoare despre procesul de întindere a fundului oceanic. Am putut măsura mulți ani intensitatea și direcția cîmpului magnetic al Pămîntului cu ajutorul unor instrumente numite magnetometre, tractate de vasele de cercetare. Știm, de asemenea, că polaritatea acestui cîmp s-a schimbat natural în urmă cu 700 000 de ani și

că în momentul acela se forma o scoarță nouă a Pământului, inclusiv pe fundul oceanului, și că moleculele de fier din roci sînt orientate după aceeași direcție a cîmpului geomagnetic din rocă. Măsurătorile cu magnetometre au dezvăluit o deviație de 180 de grade în anumite roci care compun fundul oceanic, în special la acelea din crestele din lanțul muntos submarin. Cu alte cuvinte, anumite porțiuni sau benzi din sediment prezintă o polaritate magnetică exact inversă față de banda care urmează. În 1963, doi geofizicieni britanici, Frederick J. Vine și Drummond H. Matthews, au propus o teorie conform căreia magnetismul din aceste sedimente rezultă din apariția constantă de roci de sub scoarța terestră, care se împrăștie în ambele direcții, în timp ce cîmpul magnetic terestru se inversează. Ei au potrivit rocile magnetice de diverse grosimi și mărimi de ambele părți ale marelui lanț muntos de sub ocean în mari benzi paralele, care formau imagini în oglindă una cu alta, exact cum se potrivesc straturile de rocă din locuri îndepărtate. Acest fenomen este ilustrat în figura 15-2.

Viteza de înaintare a acestei expansiuni a fundului oceanic este de 2,5 pînă la 15 cm pe an, în funcție de locul în care are loc. Această informație cu privire la magnetismul rocilor a revoluționat conceptul de origine și de

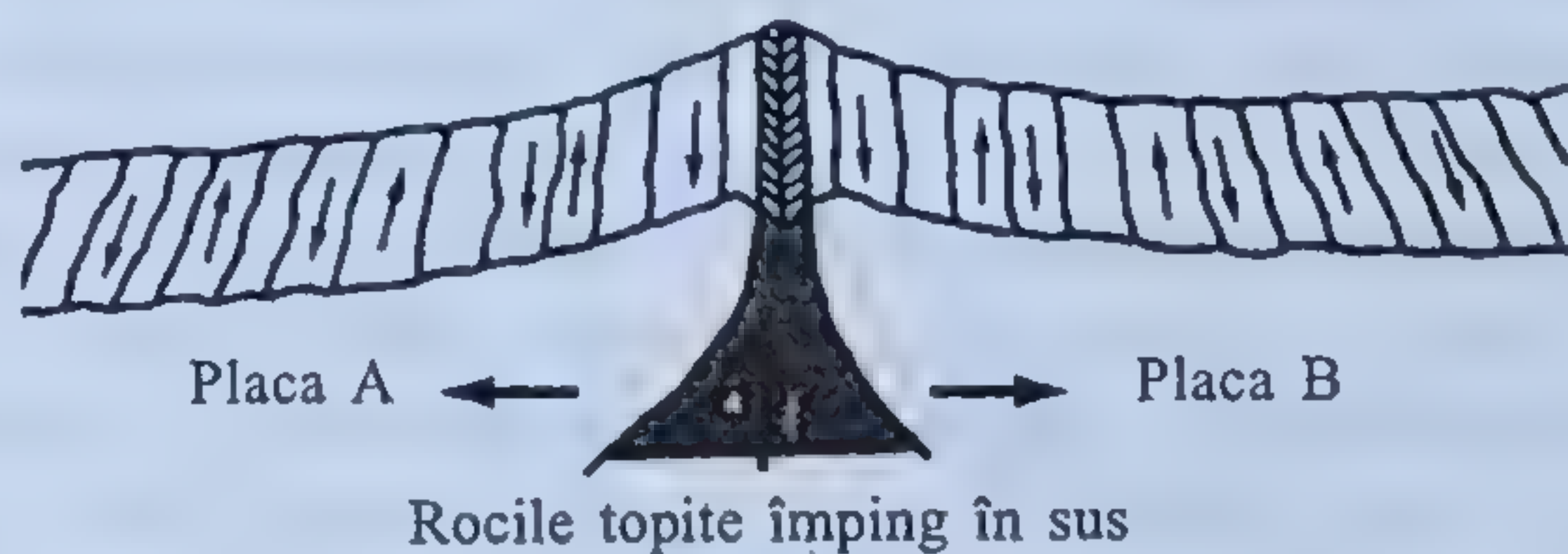


Figura 15-2. Fundul oceanic în expansiune la nivelul dorsalei oceanice

vîrstă a fundului oceanic și a confirmat existența fenomenului de expansiune a fundului mării care, la rîndul său, a fost esențială în reactualizarea teoriei inițiale a lui Wegener despre Pangaea și despre deriva continentelor. Alfred Wegener nu a avut la dispoziție tot acest echipament sofisticat, testele detaliate, imaginile din satelit și modelele de pe computer cu care explicăm noi acum dinamica internă a Pământului și îi urmărim istoria. Dar după numeroasele decenii în care am perfecționat teoria globală, chiar „vedem” cum se deplasează continentele. Fiecare placă este formată din scoarța terestră de deasupra unei porțiuni a următorului strat material, numit manta. Fiecare placă are o grosime oscilînd între cîțiva kilometri și circa o sută de kilometri și „plutește” pe restul porțiunii rămase din mantaua de sub ea, care este topit.

După cum se vede în figura 15-3, marginile plăcilor nu au neapărat legătură cu cele șapte continente sau cu liniile țărmurilor, de vreme ce localizarea marginilor oceanelor și mărilor se datorează înălțimii reliefului și nu formelor sau granițelor dintre plăcile tectonice. Dacă am intra într-o nouă epocă glaciară, ar crește volumul ghețarilor și al calotelor polare,

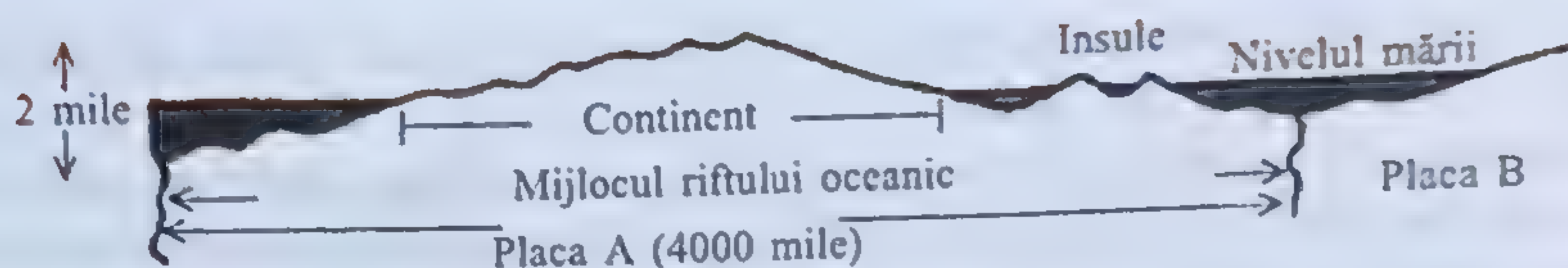


Figura 15-3. Secțiune prin placa tectonică/continent

determinînd scăderea nivelului oceanului planetar și extinderea porțiunilor de uscat. Dacă, pe de altă parte, temperatura Pămîntului ar crește, calotele polare s-ar topi și numeroase terenuri aflate acum lîngă mare ar fi acoperite de ape. Mișcarea plăcilor tectonice însăși a schimbat spectaculos liniile țărmurilor de-a lungul ultimelor zeci de milioane de ani, indiferent de modificările globale ale raportului dintre ocean și gheața polară. Astfel, eticheta de „continent” se aplică pur și simplu acelei porțiuni de 25% din plăcile tectonice care se întîmplă să fie deasupra nivelului mării în acest moment din istoria Pămîntului. Deriva *continentelor* este un termen imprecis, pentru că de fapt se deplasează *plăcile tectonice*, ale căror părți mai înalte sînt expuse aerului pe măsură ce se înalță deasupra altor plăci, în mare parte imersate, în procesul dinamic prin care suprafața Pămîntului este permanent redesenată. La o margine a fiecărei plăci, din mantaua terestră se ridică roci topite și acestea determină depărtarea plăcilor tectonice. Este ceea ce vedem în figura 15-2, care ilustrează extinderea fundului oceanic. La cealaltă margine a plăcii tectonice, rocile vechi sînt împinse spre zone mai adînci, unde se tolesc din nou sau se lovesc direct de marginea plăcii vecine. Acum cincizeci de milioane de ani, India era o insulă și se îndrepta încet către Asia. Deși India face parte acum din continentul asiatic, ea este de fapt vîrfurile nordice al Plăcii Australiene, împins în sus atunci cînd s-a lovit de Placa Eurasiatică (vezi figura 15-4).



Figura 15-4. Migrația Indiei spre continentul asiatic, incluzînd fracturile seismice

Lanțul muntos Himalaya s-a înălțat de-a lungul liniei de întîlnire dintre cele două mase terestre. În ultimii patruzeci de milioane de ani, muntele Everest, format dintr-un material care pe vremuri era fundul liniștit al unei mări, a fost împins în sus și a devenit cel mai înalt punct de pe Pămînt. Similar, la începutul anului 1996, cercetătorii au descoperit în Alpii Elvețieni roci care se aflau cîndva la adîncimea de 650 km în mantaua terestră și care au fost împinse în sus ca rezultat

al coliziunilor continentale, ca aceea care are loc acum între plăcile Australiană și Eurasiatică. Ca multe alte continente, și America de Nord este formată din conglomerarea unor bucăți și blocuri de plăci tectonice rupte din plăci mai mari și care au mers în derivă în ultimii 200 de milioane de ani.

Cutremurele și vulcanii proliferază de-a lungul zonelor în care plăcile tectonice intră în contact și se freacă unele de altele în mișcarea lor lentă în jurul lumii. Profilul celor mai multe plăci tectonice este evidențiat prin numărul de cutremure și de erupții vulcanice de la marginile lor, după cum au aflat direct locuitorii Japoniei (țară în care au loc o mie de cutremure pe an), ai Californiei și ai altor zone de pe glob care întâmplător se găsesc deasupra acestor fisuri imense și periculoase din suprafața Pământului. În fiecare an, suprafața Pământului se scutură de un milion de ori. Aproximativ 50 000 de cutremure sînt măsurate anual de instrumentele seismice și circa o sută dintre acestea sînt destul de puternice pentru a provoca distrugerii importante. În ultimii 2000 de ani, Tokio a fost distrus în medie o dată pe secol. Nu este de mirare că Japonia cheltuiește în fiecare an 100 de milioane de dolari pentru cercetări în domeniul predicției cutremurelor.

Paradoxal, Japonia își datorează existența vulcanilor generați de aceeași serie de fenomene care produc și cutremurele. Culmea Pacificului de Est (corespondenta Dorsalei Atlantice) este rezultatul extinderii fundului oceanic care împinge Placa Pacificului spre Asia. Dar, pe măsură ce avansează, Placa Pacificului lunecă pe sub Placa Eurasiatică și se scufundă în interiorul Pământului, rezultatul fiind o fricțiune imensă, care produce unele dintre cele mai violente cutremure și erupții vulcanice de pe Pământ. Insulele care alcătuiesc arhipelagul nipon s-au ridicat din mare în ultimii 30 de milioane de ani ca rezultat direct al activității vulcanice de la granița dintre cele două plăci tectonice. Chiar și în aprilie 1973, erupțiile vulcanice de la sud de Tokio au făcut ca lava să se ridice pînă la suprafața apei, formînd noua insulă Nishimo. Similar, vulcanul submarin Loihi, situat la 32 km sud-est de Hawaii, este în al paisprezecelea an de erupție continuă. Vîrfurile lui se află astăzi la 1000 m sub nivelul mării, dar în 100 000 de ani el va forma următoarea insulă hawaiiană.

Forțele care produc această mișcare intensă își au originea în miezul și în mantaua Pământului. Miezul de fier are un diametru de 2400 km, presiunea din interior fiind de 3,6 milioane de ori mai mare decît cea de la suprafața Pământului, la o temperatură de aproximativ 6650 grade Celsius, comparativ cu temperatura de la suprafața Soarelui, care este de „doar“ 5750 de grade Celsius. Pe măsură ce această căldură imensă este eliberată, ea provoacă o mișcare de convecție și masive rupturi în mantaua terestră. Mantaua, care este stratul dens aflat imediat sub scoarța terestră mai ușoară, are o grosime de circa 2 900 km. Porțiunea superioară a mantalei, groasă de aproximativ 65 km, formează, împreună cu crusta, plăcile tectonice. Pe măsură ce crește

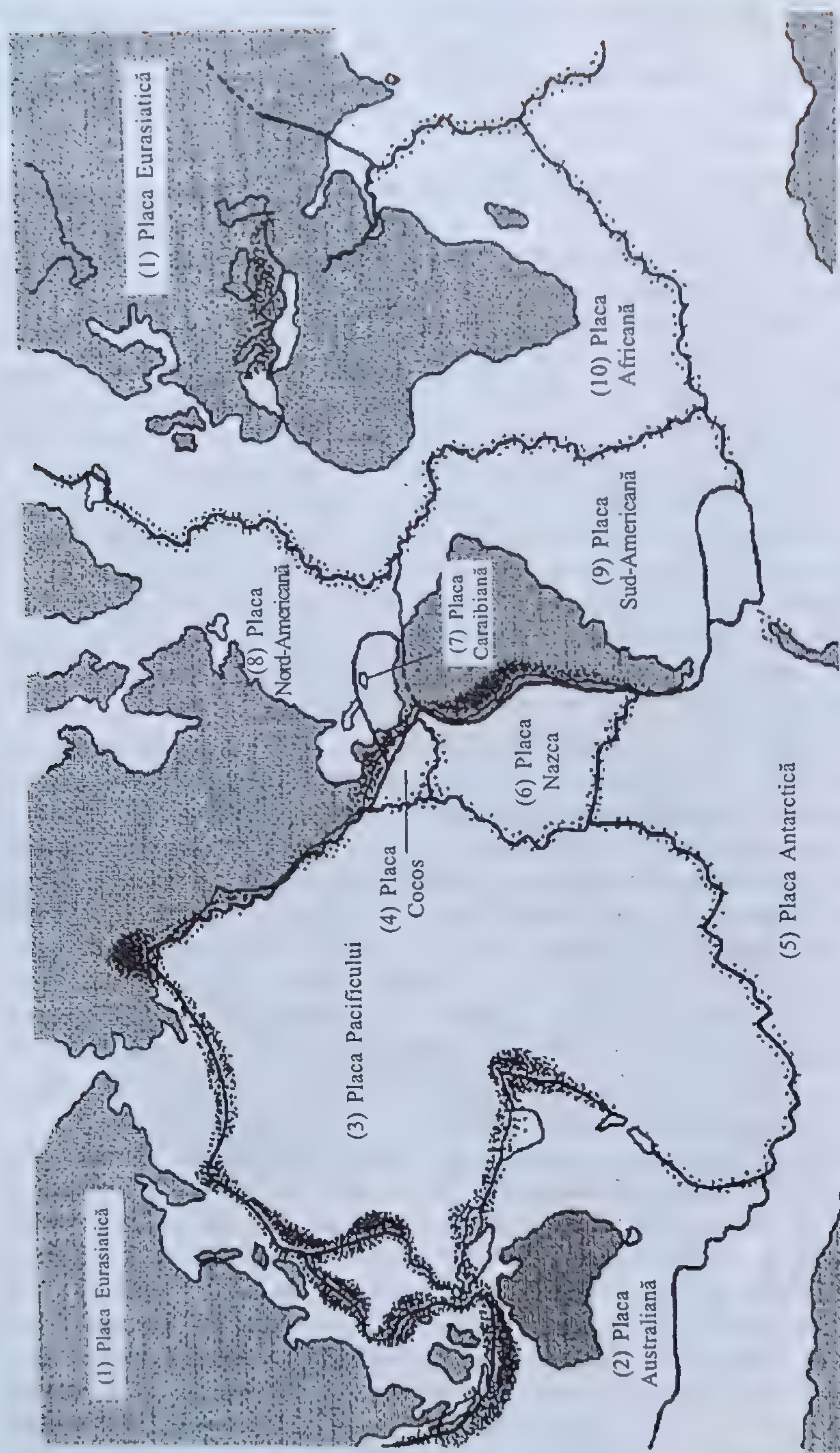


Figura 15-5. Harta principalelor plăci tectonice, cu identificarea distribuției epicentrelor cutremurelor (zonele înnegrite) în raport cu granițele plăcilor.

adâncimea, straturile mantalei sînt încălzite de miez și se rotesc ca o supă groasă în mișcare lentă.

Cutremurele și vulcanii sînt rezultatele de la suprafață ale acestei mari mișcări și ale ridicării căldurii din adîncurile planetei noastre.

Viața se adaptează la deriva plăcilor tectonice

Două luni fără hrană... Viața în întuneric deplin

Acest dans al plăcilor tectonice masive a afectat toate formele de viață. Plantele și animalele care s-au răspîndit pe Pămînt, pe toate continentele și în mări, au apărut și au evoluat pe aceste plăci tectonice. Plăcile au transportat viața dintr-un loc în altul pe sfera planetară, ca o plută care se deplasează încet în josul rîului. Unele plăci au pornit dintr-o zonă rece și uscată și au ajuns într-un mediu tropical, în timp ce altele și-au aplicat reciproc forțele lor colosale, rezultatul fiind uriașele lanțuri muntoase ale Terrei. În Alaska există urme evidente ale unor jungle tropicale, iar sub nisipurile Saharei sînt urme ale marilor ghețari. Plantele și animalele s-au adaptat pe măsură ce aceste plute își continuau drumul. Pămîntul de sub ele s-a ridicat și a coborît de-a lungul a milioane de ani, iar selecția naturală a dictat caracteristicile fizice și mentale favorabile pentru supraviețuirea fiecărei specii. Astfel, tectonica plăcilor a avut o influență profundă asupra istoriei vieții pe Pămînt.

Fiecare adaptare are nevoie de un timp îndelungat. Acest lucru se vede în ceea ce s-ar putea numi „Competiția țestoaselor de fier” – remarcabila poveste a țestoaselor verzi marine, care migrează cale de 2000 de kilometri din Brazilia pînă în minuscula insulă Ascension, aflată în mijlocul Atlanticului. De ce nu rămîn în Brazilia, unde au la dispoziție sute de kilometri de plajă pentru a-și depune ouăle? Cum se poate explica alegerea sau „programarea” acestor reptile grele de 180 kg care se încumetă să facă o asemenea călătorie imposibilă, fără hrană, înfruntînd nenumărate pericole? Și de unde știu ele că insula se află acolo? Există o singură explicație plauzibilă. Ea se bazează pe faptul că acum zeci de milioane de ani existau insule la o aruncătură de băț de America de Sud. Strămoșii acestor broaște țestoase înotau o distanță scurtă pînă la respectivele insule și își depuneau ouăle în locuri inaccesibile numeroaselor animale de pradă de pe continent. Pe măsură ce fundul mării s-a extins și Pangaea s-a separat în Africa și America de Sud, s-au mărit și distanțele dintre Brazilia și insulele vulcanice apărute și dispărute în jurul insulei Ascension existente astăzi. De la o generație la alta, broaștele țestoase s-au adaptat inconștient la creșterea cu cîțiva centimetri pe an, cauzată de lava care se interpunea între plăcile tectonice. Dar aderînd la un model de migrațiune care părea identic cu cel al tradiției strămoșilor, ele își condamnau urmașii de peste milioane de ani să parcurgă acest drum imens. Astfel, broasca țestoasă verde de mare a

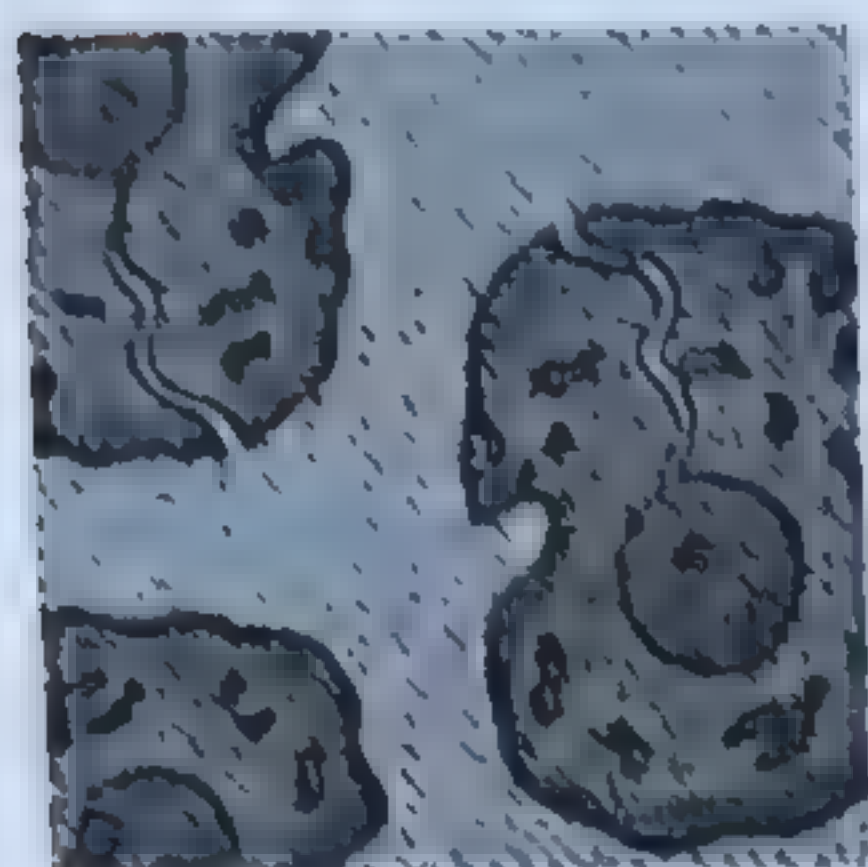
evoluat, ajungînd să fie un animal mare, un foarte bun înotător, pentru a supraviețui și a produce urmași. Și-a creat rezerve masive de grăsime și un metabolism care i-a permis să călătorească cei 2000 de kilometri în timp de două luni, *fără hrană!*

După cum am menționat mai sus, lava a erupt de-a lungul unor porțiuni ale dorsalei oceanice. O mare varietate de plante și animale a apărut în aceste „oaze” din abisurile marine, descoperite abia în 1973 de oamenii de știință din submarineele care studiau valea riftului aflat în mijlocul dorsalei atlantice. Midii, stridii, crabi, pești gigantici, viermi tubulari imenși și o floră absolut unică proliferază aici, fiind total dependente de mineralele și de căldura eliminată de activitatea tectonică. O „pungă” unică a selecției naturale, aceste hornuri care își au originea în mantaua terestră sînt singurele locuri de pe Pămînt în care viața nu este nici direct și nici indirect un produs al luminii Soarelui. În schimb, plantele și animalele din abisuri, unde nu pătrunde lumina solară, consumă bacterii a căror energie derivă din hidrogenul sulfurat produs cînd apa se amestecă cu bazaltul topit de sub fundul oceanului. Astfel, într-o relație și mai directă cu aceea a țestoaselor „de fier”, ființele care trăiesc de-a lungul acestor rifturi submarine își datorează însăși existența tectonicii plăcilor.

Tectonica plăcilor este și o cauză directă a izolării reproductive (discutată în capitolul 13) încă de la începuturile ruperii Pangaeii. Am văzut deja multe exemple de izolare reproductivă, de la deosebirile între ciocurile cintezelor și între carapacele țestoaselor din Insulele Galapagos, pînă la trăsăturile unice ale raselor umane care au fost separate geografic. Continuăm să descoperim alte efecte, necunoscute anterior, ale tectonicii plăcilor. În toamna lui 1995, o echipă de oameni de știință francezi și britanici a întreprins o expediție care a explorat regiunea muntoasă Riwoche din nord-estul Tibetului și a intrat într-o vale înghețată lungă de 27 km, izolată de restul lumii prin două trecători înalte de 4900 de metri. Acolo au descoperit un cal cu aspect arhaic încă nemaivăzut și ca atare necunoscut biologilor. Ca rezultat direct al izolării reproductive cauzate de formarea Munților Himalaya, acest animal înalt de 1,20 metri s-a desprins de trunchiul speciei în urmă cu peste cinci milioane de ani. El a păstrat unele caracteristici unice, primitive, care îl disting de alte rase de cai, cum ar fi statura mică și forma triunghiulară a capului, care amintește de caii, acum dispăruți, înfățișați în picturile rupestre ale omului de Cro-Magnon.

Ca teorie globală, tectonica plăcilor a reunit cele mai diverse informații furnizate de geologi, biologi și fizicieni. Acești oameni de știință explică acum originile dorsalelor din mijlocul oceanelor, ale celor mai mari lanțuri muntoase ale lumii, ale aproape tuturor cutremurelor și vulcanilor din lume, nașterea și dispariția oceanelor, mișcarea continentelor, toate acestea reprezentînd un capitol esențial al cunoașterii legilor evoluției.

Partea a VI-a



Celulele și genetica

La unsprezece miliarde de ani după Big Bang, o mînă de elemente s-au combinat pe acest Pămînt pentru a începe un proces extraordinar. Astfel, din supa primordială a apărut viața. Viață generată de sarcini electrice fără viață. Viață care acum poate fi tălmăcită în termeni de constituenți și procese fizice, deși aceste explicații par prea seci pentru a lămuri bogăția și complexitatea lumii vii și a conștiinței umane.

Originea vieții pe Pămînt, reproducerea ființelor și teoria evoluționistă a lui Darwin au fost reduse în secolul XX pînă la bazele lor fizice și chimice, pînă la nivelul care ne-a permis să observăm factorii înainte nedetectabili ai moștenirii trăsăturilor, cauza principală și mecanismul evoluției. Pentru prima oară sîntem în măsură să înțelegem relația complexă dintre cele trei elemente ale vieții: originea, reproducerea și evoluția.

Mai întîi trebuie să luăm în considerare celula și genetica ce fac obiectul părții a VI-a, apoi să abordăm problema planului și liniei principale a vieții în partea a VII-a. De la oul cosmic din partea a IV-a, vom trece la explorarea ovulului uman. De la cosmos, la cromozom. De la spațiile pustii în care se îndepărtează galaxiile lui Hubble, la infinitezimal, microscopic, molecular, nevăzut, la inimaginabilul care ne susține. De la energia atomică a fizicianului, la energia vieții, evidențiată de biofizician. De la punctul de vedere macro asupra evoluției la punctul de vedere micro, al biochimistului.

Povestea celulelor, genelor și a moleculei vieții relatată în părțile a VI-a și a VII-a explică modul în care mii de oameni și-au reunit cunoștințele acumulate în diverse domenii într-o imagine coerentă,

Începînd cu descoperirea celulelor, în 1673, și cu meticuloasa muncă a unui călugăr anonim dintr-o mănăstire din fosta Cehoslovacie, în anii 1860.

Capitolul 16

Supa primordială

„Biologia... este în primul rând o știință descriptivă, în mai mare măsură decât geografia, ocupându-se de structură și lucrând cu un număr de entități organizate ciudat, într-un anumit moment din existența unei anumite planete.“

JOHN DESMOND BERNAL
Știința în istorie (1965)

Pentru a-și argumenta teoria evoluționistă, Darwin a strâns o mare cantitate de date și exemple. Dovezile și observațiile acumulate de oamenii de știință în deceniile care au urmat au susținut încă mai mult validitatea teoriei evoluționiste. Cu toate acestea, teoria nu conținea dovezi venind din interiorul organismului. Astfel, teoria evoluționistă a lui Darwin pretindea un răspuns la întrebarea: *Care este mecanismul prin care acționează această selecție naturală?* Ce se întâmplă, exact, în aceste organisme vii, pentru ca evoluția să aibă loc?

Cu mult înainte de *Originea speciilor*, biologii, dar și alți cercetători au încercat să înțeleagă reproducerea ființelor și ce direcționează, determină și controlează creșterea lor, după cum am văzut în capitolul 12, consacrat teoriilor asupra generației spontanee și a preformării. Descoperirile din biologie din secolul al XIX-lea, împreună cu teoria evoluției, au pregătit scena pentru dezvăluirea misterului care sălășluiește adânc în noi, pentru răspunsul la întrebarea fundamentală cu privire la viață: *Cum a apărut pentru prima oară viața pe Pământ? Cum se reproduc organismele? Care este baza fizică internă a evoluției?*

Sînt descoperite celula, nucleul ei și procesul de diviziune

Animalicule și semnale cruciale

În biologie, celula are aceeași semnificație pe care o prezintă atomul în fizică. Atomul este „cărămida“ ce intră în componența întregii materii. Celula este cărămida constitutivă a vieții. În ciuda formidabilei diversități a vietăților de pe Pământ, există o unitate fundamentală a acestora. Toate celulele funcționează în esență exact în același fel, iar codul genetic care guvernează toate formele de viață este identic la toate speciile, ca dovadă

că toate formele de viață au un strămoș comun, după cum prezisese Darwin în *Descendența omului* din 1871, cu mult timp înainte să fi reușit cineva să înțeleagă rolul celulei în ereditate sau în reproducere. Acum am descoperit că fiecare celulă este o mică uzină chimică și că este capabilă să-și producă propriile substanțe nutritive, generând propria energie prin folosirea acestora, că poate comunica cu vecinii și că *se divide* în două unități identice. Capacitatea de a se copia pe ea însăși este cheia întregii vieți și a dezvoltării acesteia. O celulă singură poate fi un organism în sine, cum sînt bacteriile sau amoebele. Alte celule s-au specializat și au devenit „cărămizile” care formează organismele multicelulare.

Deși o celulă de mărime medie conține trilioane de atomi, ea este încă prea mică spre a fi văzută cu ochiul liber. Pentru a acoperi vârful unui ac este nevoie de 10 000 de celule. De aceea, nimeni nu și-a imaginat existența celulelor înainte ca ele să fie observate la microscop. În lucrarea sa din 1665, intitulată *Micrographia* (Mici desene), omul de știință englez Robert Hooke (1635–1703) a consfințit termenul de „celulă” chiar înainte ca o celulă vie să fi fost observată. El a folosit termenul pentru a descrie țesuturile plantelor moarte și cavitățile microscopice dispuse în fagure din dopurile de plută, pentru că pereții de celuloză din plută îi aminteau de micile chilii, sau „celule”, ocupate de călugării dintr-o mănăstire. Primele dispozitive de mărire cu o singură lentilă, lupele, au apărut încă de la mijlocul secolului al XV-lea, dar nu erau destul de puternice pentru a permite vizualizarea celulelor *vii* ale animalelor. Abia în anii 1670, Antoni van Leeuwenhoek (1632–1723) a produs lentile mai puternice. În 1673, van Leeuwenhoek a pătruns într-o întreagă lume nouă atunci cînd a descoperit (adoptînd termenul lui Hooke) „celulele” roșii ale sîngelui, spermatozoizii și organismele monocelulare, cum sînt bacteriile și protozoarele înotătoare. Prin analogie cu primele observații făcute de Galilei asupra stelelor în 1609, această primă luare de contact a lui Leeuwenhoek cu celulele și organismele monocelulare era un prim pas într-o călătorie care se desfășoară încă după mai bine de trei secole. Nici unul dintre ei nu-și dădea seama de dimensiunile și importanța acestei călătorii; știau doar că văd obiecte care nu sînt vizibile cu ochiul liber și care erau de neînchipuit înainte de observațiile efectuate de ei.

Există unele similitudini între eforturile astronomilor secolului al XVII-lea de a denumi și a marca locurile stelelor nou descoperite sau sistemul de clasificare a animalelor imaginat de Linnaeus în secolul al XVIII-lea, și descoperirea de către van Leeuwenhoek a ceea ce el a numit „animalicule” vicioase, ceea ce a condus la prima categorisire a animalelor monocelulare. În anii care au urmat, doctorii și biologii au catalogat diverse tipuri de țesuturi (mucos, fibros etc.) pur și simplu privindu-și propriile celule la microscop. De pildă, celulele care formează mucusul se găsesc în căptușelile căilor aeriene și ale tractului gastrointestinal, iar țesuturile

fibroase conective constituie straturile de sub pielea noastră și care ne înconjoară mușchii. Au fost descoperite trei tipuri de celule musculare (cardiac, involuntar, voluntar), ca și numeroase tipuri de celule specializate, care sînt componente ale organelor nervoase și reproductive. Deși acest efort de clasificare a avansat rapid în secolul al XVIII-lea, funcțiile și componența celulelor au rămas totuși un mister.

Deoarece primele microscopice nu aveau o putere suficient de mare pentru a detecta toate detaliile din interiorul celulei și pentru că persistau unele teorii arhaice privind generația spontană și preformarea vieții, teoria celulei a început să se dezvolte abia după 1831. În acest an, botanistul scoțian Robert Brown (1773–1858) a observat punctul de control al celulei, i-a dat numele de „nucleu” și a identificat această structură ca fiind un element comun al tuturor celulelor plantelor. Această descoperire rivalizează ca importanță cu aceea, ulterioară, a nucleului atomic. Nucleele au fost descoperite și la celulele animalelor, iar curgerea „protoplasmei” (materialul interior al celulei) avea să fie detectată la celulele vii în 1835. Doi biologi germani, Matthias J. Schleiden (1804–1881) și Theodor Schwann (1810–1882), au aprofundat această informație, enunțînd primele principii de bază ale teoriei celulei. În 1838 și 1839, ei au descris celulele ca fiind compuse dintr-o membrană, un nucleu și corpul celulei. Acestea sînt „particulele elementare” ale plantelor și animalelor.

Multe teorii despre „nașterea” de celule noi au apărut în anii 1840, dar s-a renunțat la ele în favoarea diviziunii celulare, proces prin care două „fiice” identice rezultă dintr-o celulă de pornire. „Toate celulele provin din celule”, declară faimosul doctor și biolog Rudolf Virchow (1821–1902). În cartea sa din 1858, *Patologia celulară*, Virchow explică faptul că viața nu constituie rezultatul unui fenomen supranatural. În viziunea lui: „Celulele sînt veriga în marele lanț de formațiuni care alcătuiesc țesuturile, organele, sistemele și individul”. Lucrarea stabilește conceptul modern de patologie celulară, adică studiul procesului de îmbolnăvire pornind de la nivelul celulei. După ce Virchow și alți cercetători au dovedit importanța diviziunii celulare, celulele au devenit subiectul unui studiu asiduu, care avea să ducă în curînd la acceptarea unanimă a faptului că ființele vii nu pot apărea decît din germenii părinților lor. Pe Pămînt nu se creează o viață absolut nouă; orice formă de viață descinde din antecesorii, într-o linie neîntreruptă.

Ca o coincidență, cartea lui Virchow a fost publicată în 1858, anul în care lucrarea comună a lui Darwin și a lui Alfred Russel Wallace era prezentată la Societatea Linneană și cu un an înainte de publicarea *Originii speciilor*. Totuși, va fi nevoie de mai multe generații înainte ca evoluția și teoria celulei să capete un caracter rațional.

Biologii descoperă organele celulei

Creierul, stomacul și scheletul celulei

De-a lungul mai multor decenii succesive, oamenii de știință au identificat componentele mașinăriei interioare a celulei. Celulele conțin un set distinct de organe, numite organite, în nici un caz o unică „protoplasmă”, cum se crezuse. Organitele sînt *ultramicroscopice* (adică se văd numai cu ajutorul unui microscop electronic) și sînt compartimente interne de diverse mărimi și complexități, conținînd seturi de substanțe chimice specifice. Organitele provoacă reacții chimice cu substanțele nutritive, factorii de creștere și agenții toxici care pătrund în celule sau care le părăsesc.

- **Nucleul:** reprezintă circa o cincime din volumul celulei și este „creierul” acesteia. El conține genele și acizii nucleici (ADN și ARN) care definesc proteinele ce controlează toate procesele chimice din întregul organism. Moleculele de ARN, care poartă instrucțiunile genei, sînt scoase din nucleu (prin membrana acestuia) spre organitele celulei care produc proteine, numite ribozomi.
- **Ribozomul:** în fiecare celulă există mii și uneori milioane de ribozomi, în funcție de cantitatea de proteine care trebuie produsă. Ribozomii sînt locurile de care se atașează diversele secvențe de ARN „mesager” care definesc proteinele produse de diversele tipuri de celule.
- **Reticulul endoplasmatic:** este un săculeț flasc format dintr-o membrană înfășurată care ocupă pînă la jumătate din volumul celulei. El are funcția de a furniza o cameră separată în care ribozomii vor

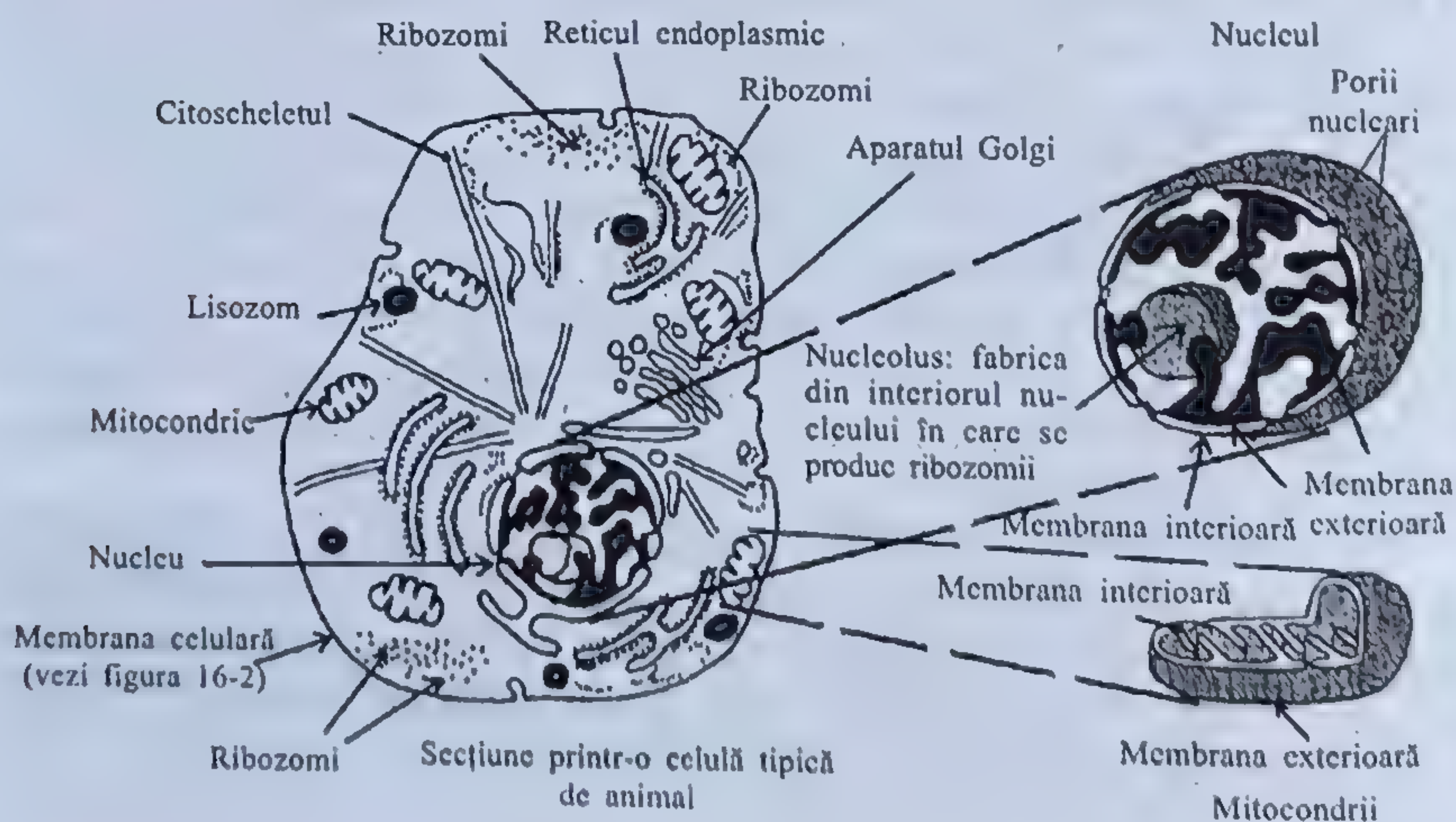


Figura 16-1. Organitele

depune proteinele în forma lor chimică corectă. Aici, proteinelor li se adaugă, în diverse locuri de conexiune, zaharurile, fosfații și alte molecule.

- *Aparatul Golgi*: o celulă tipică are 30 sau 40 de asemenea structuri netede, membranoase. Este singura organită care poartă numele unei personalități – biologul italian Camillo Golgi (1844–1926), cel care a descoperit-o. Această organită stochează și procesează grăsimi, realizând chiar și unele modificări ale proteinelor pe care le pregătește pentru a fi transportate către alte părți ale celulei sau în afara ei. De exemplu, proteinele care sînt enzime digestive, produse în ficat, trebuie să fie transportate către stomac. În aparatele Golgi, zaharurile specifice atașate acestor molecule de proteine digestive furnizează informațiile care îndreaptă proteina către destinația ei finală.
- *Lizozom*: folosind enzime puternice, aceste organite formează multiplele „stomacuri” sau saci digestivi ai celulei. Enzimele descompun hrana pe care o mîncăm în cele mai mici componente care vor fi folosite apoi în diferitele celule din organism. De exemplu, lizozomii descompun proteinele pe care le ingerăm în aminoacizi, care sînt refolosiți de către celulă pentru a produce noi proteine.
- *Citoschelet*: aceste rețele de filamente proteice ultrafine mențin structura și forma celulei, îi permit să se miște și susțin rețeaua internă de transport a celulei care leagă între ele organitele și produsele transportoare.
- *Mitocondriile*: aceste structuri în formă de lanț de membrane compartimentate extrag energia din legăturile chimice ale hidrocarburilor, grăsimilor și proteinelor și o transformă într-o formă ce poate fi folosită de alte organite pentru a reface energia pe care ele o pierd în timpul activității. Surprinzător, mitocondriile au propriile lor ADN-uri și propriii lor ribozomi și se divid în interiorul celulei. Aceste caracteristici indică faptul că mitocondriile au fost odinioară bacterii care au intrat la origine în componența celulei sub formă de paraziți și au evoluat în această mică organită.
- *Membrană*: celula membranei (denumită și „membrana exterioară a celulei”). Nu numai că ține organitele celulei în interior, dar controlează riguros intrarea și ieșirea moleculelor care au un rol critic în funcționarea celulei. Moleculele care compun membrana sînt dotate, fără excepție, cu un „cap” care este „hidrofil”, ceea ce înseamnă că el atrage alte capete și este compatibil cu mediul „após” în care rezidă celula și cu o „coadă” care este „hidrofobică”, adică respinge „capetele” și apa. Această configurație le permite proteinelor să fie încastrate în celulă sau să treacă dincolo de membrană. Unele dintre aceste proteine sînt adevărate canale care controlează ceea ce primește și ceea ce trimite celula în exterior, în timp ce altele formează

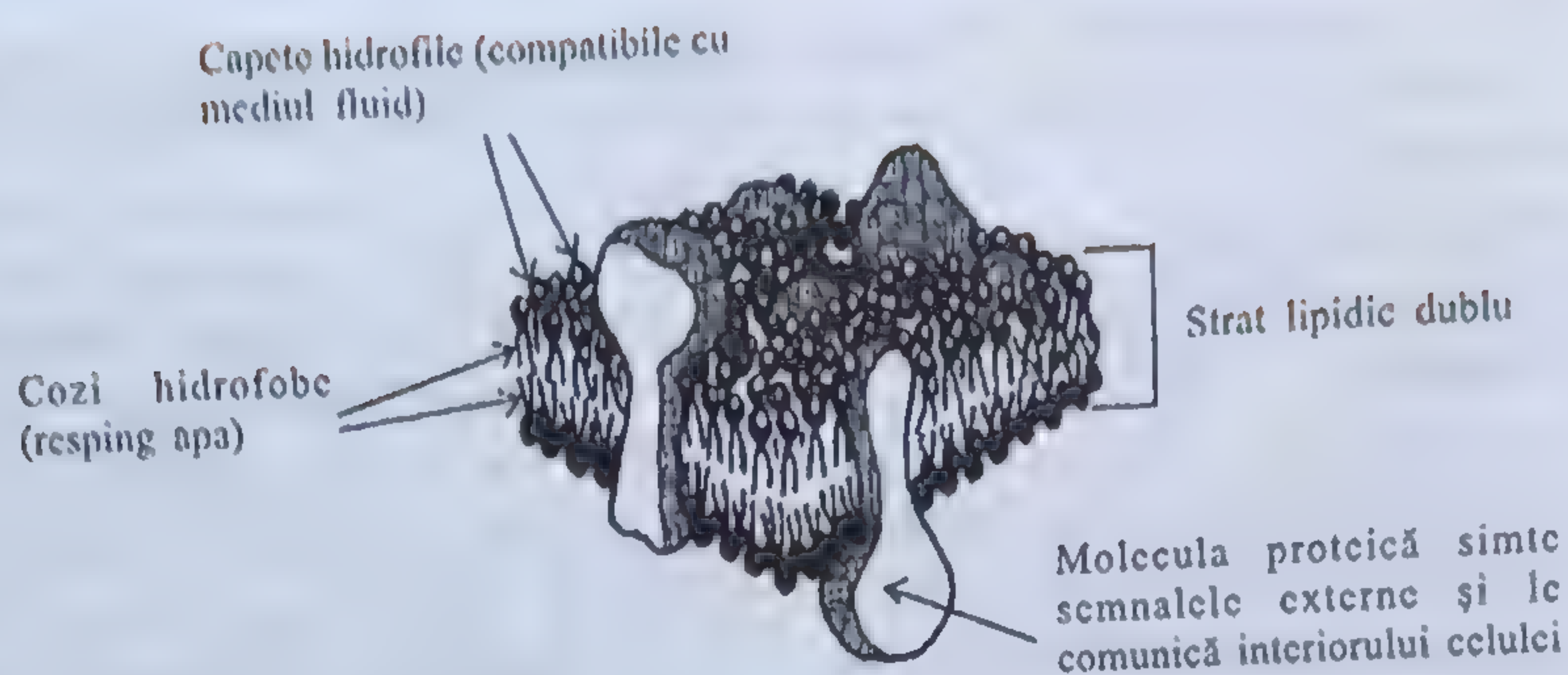


Figura 16-2. Structura membranei celulare
receptori care detectează semnale specifice externe, permițând celulelor să răspundă la stimuli.

Fiecare celulă conține un singur nucleu, în timp ce alte organite sînt prezente în unități multiple. În plus față de organitele enumerate mai sus, celulele plantelor conțin cloroplaste, care seamănă foarte mult cu mitocondriile, dar creează energie prin fotosinteză.

Biologii determină fazele diviziunii celulare

Moartea de bătrînețe

Cercetările asupra structurii celulei au înregistrat progrese semnificative datorită activității lui Walther Flemming în anii 1870. Flemming (1843–1905), medic și anatomist german, a îmbunătățit coloranții folosiți pentru observarea structurii celulei. În 1879, el putea să identifice un material de forma unui fir de ață în nucleul celulelor. Studiind acel material (denumit ulterior „cromozom”) în timpul diviziunii celulare, Flemming a constatat că firele se scurtează (adică se contractă și condensează) și se secționează longitudinal în două jumătăți, fiecare jumătate trecînd în părțile opuse ale celor două noi celule identice. El a denumit acest proces de diviziune celulară „mitoză” și l-a descris în cartea sa din 1882, *Celulă, substanță și diviziune celulară*. Pornind de aici, Flemming a fondat citogenetica, studiul proceselor fizice implicate în moștenirea genetică la nivelul celulei.

Datorită cercetărilor lui Flemming, noi am început să înțelegem treptat procesele fizice din interiorul celulei. Totuși, abia la jumătatea acestui secol am aflat ce conține celula și nucleul ei, care o ajută să-și controleze propriile funcții, precum și acelea ale întregului organism. „Planul general” prin care aceste celule realizează pașii către crearea unei noi celule ce urmează să se divizeze în 2, 4, 8 și în cele din urmă în alte 60 de mii de miliarde de celule care formează un organism viu complex precum cel uman va fi expus în partea a VII-a. La fel ca alte fenomene din lume,

procesul fizic prin care trece fiecare celulă se desfășoară în conformitate cu legile prestabilite ale chimiei și fizicii. Aceasta include cei doi pași de bază ai procesului reproductiv – creșterea celulei și diviziunea celulară (mitoză).

Cea mai mare parte a mașinăriei celulare este dedicată procesului mitozei, deoarece plantele și animalele pluricelulare trebuie să fie capabile să înlocuiască celulele care mor în mod natural sau sînt rănite, iar organismele monocelulare trebuie să se reproducă. Indiferent dacă observăm o celulă a ficatului sau a plămînului unui corp uman, o celulă a unei plante sau un protozoar care plutește liber, procesul diviziunii celulare este în esență același, pentru că ținta finală a acestuia o constituie producerea de noi celule, identice cu cele din care provin. Figura 16-3 înfățișează procesul mitozei unei celule normale. Spre simplificare, această figură prezintă doar două perechi de cromozomi din nucleul celular. Totuși, nucleul fiecărei celule umane conține în fapt 46 de cromozomi (23 de perechi), cu excepția celulelor ovulului și ale spermei, care conțin 23 de cromozomi. De asemenea, globulele roșii nu au nucleu și în consecință nici cromozomi.

Viața unei celule presupune parcurgerea următoarelor cinci stadii:

1. *Interfaza*. Celula își petrece cea mai mare parte a vieții ei în această fază. Nu se divide în timpul interfazei, ci își îndeplinește funcțiile esențiale, ca de exemplu: producerea proteinelor specifice, secreția de „lipide” (compuși insolubili în apă, grăsimi) și fabricarea țesutului matricial de legătură care ne menține corpul într-un tot. Ritmul acestor activități depinde de nevoile corpului la un moment dat. De exemplu, de cîte ori mîncăm, celulele care unesc stomacul cu intestinele trebuie să fabrice mase enorme de enzime proteice și acizi pentru a digera mîncarea. Celulele care produc aceste materiale sînt în „interfaza” ciclului celular, dar se implică total și în aceste funcții secretoare și vor trăi doar cîteva săptămîni sau luni pînă cînd vor fi deversate, la sfîrșitul vieții lor, în sistemul gastrointestinal. Celulele primesc semnale pentru a se divide în timpul interfazei.
2. *Profaza*. Celula intră în profază după ce a primit un stimul exterior pentru a se divide încă de cînd era în interfază. În timpul profazei, șirurile lungi de ADN care sînt înfășurate difuz prin nucleul celulei încep să se condenseze în structuri organizate numite cromozomi. Astfel, celula se pregătește pentru diviziune. Celula vecină poate să fi murit de bătrînețe, iar alte celule din populație pot fi atacate de agenți toxici sau organisme infecțioase. Oricare ar fi motivul, scopul este de a produce două noi celule identice. Pentru aceasta, cromozomii acestei celule (ADN-ul ce conține informația genetică vitală) trebuie *duplicat*. Duplicarea ADN-ului – rezultatul unui set de reacții biochimice complexe – va fi examinată în partea a VII-a).

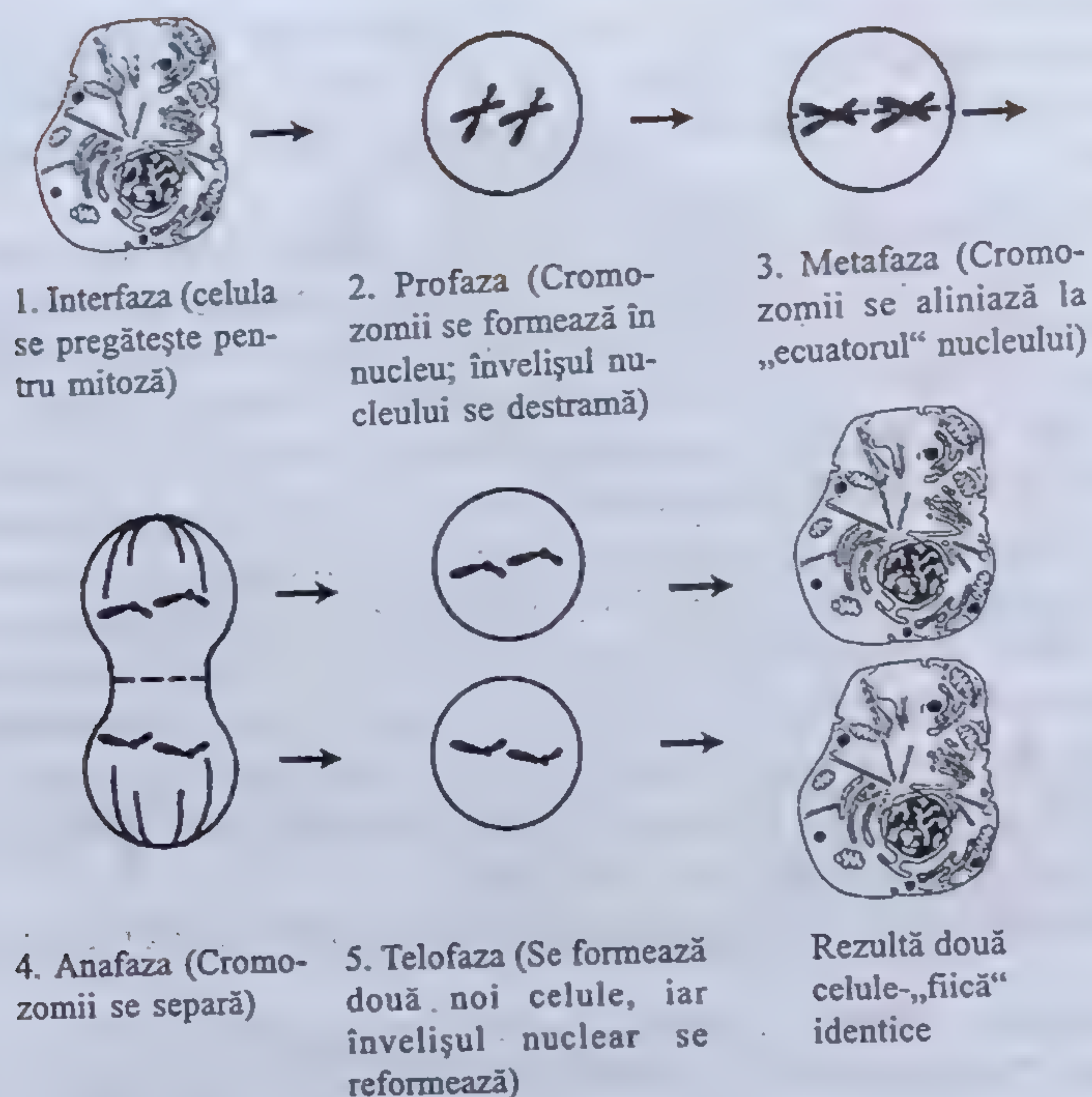


Figura 16-3. Stadiile mitozei

3. *Metafaza*. Caracteristica definitorie a metafazei este înlănțuirea ordonată a tuturor cromozomilor peste „ecuatorul” celulei, astfel încât ei să fie în poziția potrivită pentru a se mișca uniform către o celulă nouă sau alta. Acest eveniment critic este controlat de „cabluri” întinse precis pe un anumit traseu, pentru a ghida cromozomii către celulele lor. Cablurile sînt componentele autoscheletului celulei descris mai sus — rețeaua deasă de filamente microscopice și tuburi care dictează forma celulei și îi permite să se miște. Membrana nucleară care era atît de proeminentă în interfază și o bună parte a profazei se dizolvă și nu mai definesc nucleul. Întreaga funcționare a celulei este axată pe diviziunea încununată de succes în două noi celule. O dată începută metafaza, procesul diviziunii celulare (care cuprinde cele două stadii finale, anafaza și telofaza) durează în general cîteva minute.
4. *Anafaza* marchează începutul separării celulare, cu cromozomul nou copiat și cel original care s-a deplasat. Cromozomii sînt acum pe drumul lor către celulele care se dezvoltă. Vreme de mai multe decenii s-a crezut că mișcarea cromozomilor este o funcție a unor filamente care „trag”, dar noile informații au arătat că, de fapt, cromozomii migrează de-a lungul unor cabluri printr-un fel de mecanism „cu clichet”.

5. *Telofaza*. Acum cromozomii au ajuns la celulele respective și cele două celule noi formează o nouă membrană între ele, astfel încât să-și îndeplinească funcțiile și să rămână învecinate, ca în țesutul uman, sau, de exemplu, ca să poată pluti, ca în cazul noilor protozoare. Perechea de cromozomi este curînd inclusă într-o membrană nucleară și celula se îndreaptă rapid către interfază, reluînd ciclul vital al celulei.

Ce factori condiționează fiecare fază a mitozei? Ca urmare a descoperirilor făcute în primul rînd în deceniile 8 și 9 ale secolului XX, biologii moleculari înțeleg în profunzime evenimentele cruciale care determină creșterea celulei și diviziunea ei. Procese chimice complexe controlează fiecare fază, dirijată în final de molecula de ADN care conține planul general al întregii vieți. Dar înainte de a vedea cum 60 de mii de miliarde de celule (precum cele care compun o ființă umană) pot funcționa ca un singur organism, vom examina o celulă – originea celei dintîi celule vii de pe Pămînt.

Izvoarele vii din Supa Primordială

Supape și viermi tubulari

Nu există mări pe această planetă pentru că aerul este atît de fierbinte încît apa s-ar evapora imediat. Aproape toată suprafața planetei este acoperită de rocă topită. Crusta care există totuși este subțire, fragilă și efemeră. Meteorii plonjează prin atmosfera rarefiată formată din hidrogen și heliu, pe o suprafață alcătuită dintr-un amestec de metan, amoniac, hidrogen, monoxid de carbon, bioxid de carbon și azot. Radiația ultravioletă a soarelui este atît de intensă încît poate provoca moartea oricărui organism în mai puțin de o oră. Forța gravitațională a satelitului natural al acestei planete – aflat la o depărtare de numai 16 000 de kilometri – ridică valuri masive de rocă lichefiată.

Descrierea nu se referă la Jupiter sau vreo planetă din alt sistem solar. Această planetă este Pămîntul în urmă cu 4,6 miliarde de ani, la scurt timp după ce, din masa de praf și gaze rezultată în urma Big Bang-ului, s-a format ca sferă strălucitoare din material topit. Acest infern clocotitor și plin de radiații pare a fi locul cel mai nepotrivit pentru apariția vieții. Dar în timpul următoarelor sute de milioane de ani bombardamentul meteoritălor a încetinit, iar căldura excesivă a radiat în afară, în spațiu, permițînd suprafeței să se răcească și să se stabilizeze. A început să se formeze o atmosferă din elemente mai grele, proces care s-a încheiat cu alcătuirea

stratului de ozon din zonele superioare ale atmosferei. Acesta a blocat dăunătoarele raze ultraviolete ale soarelui.

Primul miliard de ani de existență a Pământului poartă numele de Eonul Hadean, după „Hades“, termenul grecesc pentru „Iad“. Așa cum a afirmat Jonathan Weiner în *Planeta Pământ*, „Viața a apărut imediat ce planeta s-a ridicat din iad“. Primele urme de viață înregistrate geologic sînt vechi de aproximativ 4 miliarde de ani: simple organisme monocelulare. Ce s-a întîmplat în supa primordială pentru a crea ceea ce numim acum „viață“? Așa cum vom vedea în partea a VII-a, orice formă de viață este alcătuită din molecule complexe numite aminoacizi, materialul de construcție din care toate plantele și toate animalele își formează proteinele. Vom vedea, de asemenea, că moleculele denumite acizi ribonucleici (ARN) sînt esențiale pentru existența vieții fiindcă ei „organizează“ acei aminoacizi în proteine. Totuși, aminoacizii și moleculele de ARN sînt la rîndul lor produse de ființele vii, adică sînt rezultatul acțiunilor complexe din interiorul celulelor noastre, și astfel ne vedem confrunțați cu o ghicitoare de tipul „oul sau găina“. Cum se poate dezvolta viața din aminoacizi și ARN dacă acele substanțe sînt *produsele* celulelor vii? Răspunsul rezidă în existența probabilă a celor două componente esențiale în supa primordială de acum 4 miliarde de ani.

Elementele chimice de bază care intră în componența aminoacizilor și a ARN-ului erau prezente în acele timpuri. În anul 1953, Stanley Miller, asistent la Universitatea din Chicago care lucra în laboratorul renumitului chimist și farmacist Harold Leroy (cel care a jucat un rol important în Proiectul Manhattan), a proiectat o serie de vase mari de sticlă legate între ele, intenționînd să reproducă condițiile de pe Pământ în perioada de început. În simularea lui Miller, din apa care fierbea apăreau vapori care se amestecau cu metanul, amoniacul, hidrogenul și vaporii de apă, gazele majore prezente în atmosfera timpurie a acestei planete. Scînteii electrice de 60 000 de volți erau descărcate atunci prin amestecul de gaze pentru a simula fulgerele – toate acestea urmînd să determine dacă se puteau crea aminoacizi din amestecul respectiv. După o săptămînă, Miller a analizat elementele chimice din apă și a descoperit că apa era bogată în aminoacizi. Această experiență a fost repetată de nenumărate ori din 1953 și de fiecare dată, în final, se obțineau aminoacizi. Dată fiind imensa perioadă de timp și milioanele de combinații întîmplătoare de elemente chimice care au avut loc probabil pe toată suprafața Pământului primitiv, aceste experiențe de laborator oferă o explicație plauzibilă pentru formarea aminoacizilor, una dintre moleculele esențiale ale vieții.

Similar, oamenii de știință au demonstrat că elementele constitutive ale ARN-ului erau prezente din abundență în perioada de formare a aminoacizilor. Aceste elemente de bază (ce cuprind fosforul, azotul, hidrogenul, carbonul și altele) s-au legat unele de altele pentru a forma

lungi lanțuri moleculare după modelul acelorași principii ale valenței cărora li se supun moleculele simple. Desigur, anumiți acizi ribonucleici s-au unit în secvențe chimice lipsite de importanță. Simpla existență a aminoacizilor și a moleculelor de ARN nu explică felul în care s-au configurat și organizat în cele din urmă aceste blocuri constitutive în organisme vii. Ca să „trăiască“, ARN-ul trebuia să întrunească două condiții: (1) să poată organiza aminoacizii în proteine, (2) să se poată replica astfel încât să-și continue existența și să ajute la producerea acestui proces esențial. În ceea ce privește prima capacitate, anumite molecule de ARN s-au dispus întâmplător într-o configurație care a determinat anumiți aminoacizi să formeze proteinele primitive. Acele proteine ar fi putut promova reacții chimice care ar fi favorizat o anumită configurație de ARN. Dar ARN-ul mai are și capacitatea extraordinară de a promova astfel de reacții chimice prin el însuși, așa cum au demonstrat în laborator, în anul 1982, biochimiștii laureați ai Premiului Nobel Thomas R. Cech (1947–) și Sidney Altman (1939–). Această capacitate de „autocatalizator“ era un pas esențial în formarea vieții. A *schimbat* evoluția dintr-o „lume ARN“ strictă într-una în care ARN-ul dirijează producerea proteinelor. Așa cum vom vedea în partea a VII-a, fabricarea proteinelor de către ADN și ARN constituie baza întregii vieți.

Cît despre capacitatea ARN-ului de a se autoreplica, pînă și cea mai simplă și primitivă formă de ARN a avut potențial pentru propria sa duplicare prin formarea unei molecule complementare identice, datorată principiilor combinării chimice menționate mai sus. O dată format, ARN-ul primitiv a creat prima versiune a selecției naturale. Dacă ar fi existat simultan mai multe forme de ARN, cele care au atras prototipul cel mai avantajos de aminoacizi și se puteau multiplica cel mai rapid ar fi avut cea mai mare șansă de proliferare și de a monopoliza mai apoi elementele chimice necesare pentru formarea unor astfel de molecule. Moleculele de ARN care au accelerat reacțiile biologice favorabile au supraviețuit. În acest sistem a avut loc evoluția ARN-ului. Ca să-l parafrazăm pe Darwin, selecția naturală a lucrat doar prin și pentru beneficiul fiecărei molecule de ARN. Moleculele de ARN au evoluat de-a lungul milioaneilor de ani în tipuri distincte și mai complexe, fiecare cu specializarea sa. Astfel, ARN-ul – producătorul proteinelor din aminoacizi – mai are și funcțiunea consistentă, copleșitoare și definitorie pentru toate organismele vii, anume aceea de autoreplicare.

Anumiți biologi consideră că „supapele“ de pe fundul mărilor aflate la joncțiunea plăcilor tectonice (problemă abordată în capitolul 15) constituiau posibile locuri favorabile apariției vieții. La mari adîncimi, viața era protejată de razele ultraviolete dăunătoare. De asemenea, în aceste locuri erau prezente elemente și compuși precum carbonul, hidrogenul, metanul, apa și amoniacul, dar și o gamă variată de temperaturi. Avînd în vedere

numărul mare de asemenea locuri pe tot cuprinsul lumii, care funcționau ca mii de laboratoare experimentale, existau mari șanse să se ajungă la amestecul chimic potrivit.

Formarea *membranelor* în jurul grupurilor distincte de ARN și de proteine asamblate din aminoacizi a fost probabil următorul pas către dezvoltarea celulei. Așa cum am arătat anterior, moleculele lipide care au înlocuit membrana celulei se aliniază în rînduri care formează o suprafață exterioară. În mod cert, această compartimentare a creat primele celule și le-a permis să existe într-o varietate de medii acvatice. La fel ca moleculele primitive de ARN, aceste prime „entități” celulare și-au disputat ingredientele comune, ceea ce a dus la variații în structura celulei și la supraviețuirea celor mai eficiente în transmiterea către descendenții lor a catalizatorilor și a altor caracteristici care favorizau duplicarea.

Bacteriile au devenit primul strămoș comun al tuturor formelor de viață

Cei fără adăpost din orașul interior și genetica rezistenței

În următoarele *trei miliarde de ani*, singurele elemente vii de pe Pământ erau organismele monocelulare. La fel ca primul ARN și organismele pluricelulare care au evoluat mai târziu, aceste vietăți monocelulare au trecut prin propriul lor proces evolutiv distinct. Specialiștii în biologie celulară și biochimiștii au analizat celulele fosile și au putut reconstitui cele mai exacte trasee evolutive pe care le-au parcurs în cele trei miliarde de ani. Celulele independente au trăit mai întâi prin fotosinteză, producînd energie din lumina solară. În următorul ciclu important de evoluție, celulele s-au adaptat, trecînd de la condițiile unei atmosfere practic lipsite de oxigen la una care treptat a devenit bogată în oxigen în cele 500 de milioane de ani de la apariția primelor celule. Celulele care au supraviețuit acestei creșteri a volumului de oxigen și au început să-l folosească în avantajul lor – o formă primitivă de respirație – s-au înmulțit și au acoperit Pământul.

Aceste celule au evoluat în specii de bacterii din care s-au dezvoltat multe alte viețuitoare, inclusiv plantele și animalele. Bacteriile sînt ființe monocelulare și au toate organele descrise anterior în acest capitol, cu excepția unui nucleu bine definit. Ar fi nevoie de aproximativ 250 000 de bacterii de mărime medie pentru a acoperi punctul de la sfîrșitul acestei propoziții. Figura 16-4 ilustrează o celulă bacteriană tipică. Anumite bacterii mai au și structuri rigide care seamănă cu niște fire de păr (pili) care le acoperă exteriorul, iar altele au o structură sub formă de coadă (flagellum), pentru mobilitate.

În condiții favorabile, anumite specii de bacterii sînt capabile să se reproducă din sfert în sfert de oră. Primii strămoși ai bacteriilor actuale au intrat în relații complexe cu algele (plante primitive) și au format structuri

de forma unor moli înalte de câțiva metri. Aceste ecosisteme simple, ale căror fosile se numesc stromatolite, au acoperit apele puțin adânci ale Pământului. Același tip de formație se întâlnește și astăzi în apele puțin adânci ale Golfului Californiei și de-a lungul Marii Bariere de Corali, în largul coastelor nord-estice ale Australiei.

Astăzi există aproximativ 5000 de specii de bacterii. Dintre acestea,

un număr relativ mic de specii bacteriale provoacă boli. Majoritatea lor sînt inofensive pentru alte forme de viață, inclusiv omenească, sau reprezintă un element vital al existenței vieții pe Pământ. De exemplu:

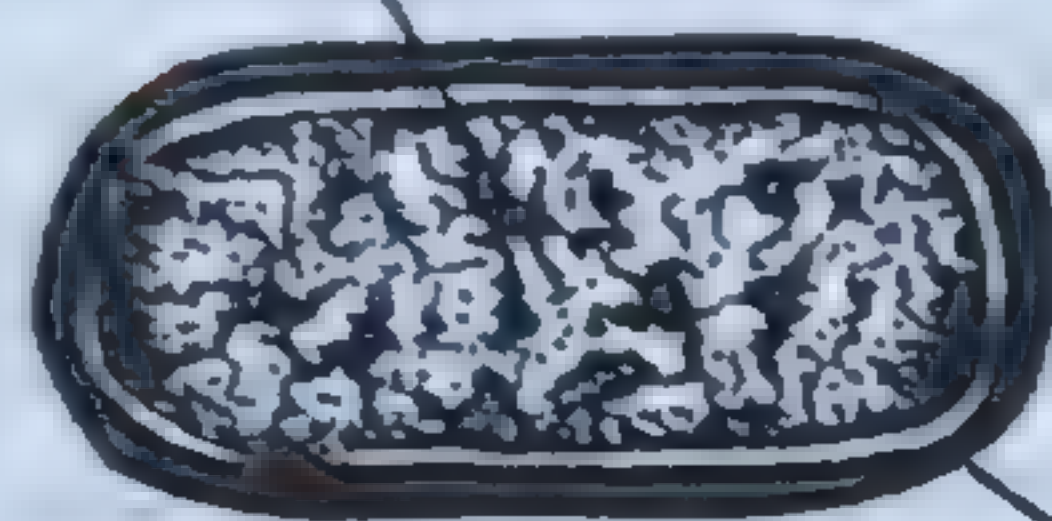
- Bacteriile din stomacul vacilor sînt esențiale pentru digerarea celulozei din hrana acestora. Similar, termita au nevoie de un mare număr de tipuri de bacterii în tractul intestinal pentru a digera lemnul pe care îl consumă.
- Substanțele reziduale organice din rețelele de canalizare și alte materiale organice sînt descompuse de bacterii și transformate într-un material folosit de plante în procesul de creștere.
- Anumite specii de bacterii ajută la formarea brînzei și a altor produse lactate prin metabolizarea componentelor laptelui.
- Anumite bacterii adaugă azotul de care este nevoie pentru ameliorarea solului.
- Bacteriile coliforme care trăiesc în intestinale noastre sînt fundamentale pentru echilibrarea digestiei. Dacă ne aflăm într-o țară străină și ingerăm tipuri de bacterii diferite, se pot produce dezechilibre ale procesului nostru digestiv.

Se știe că anumite tipuri de bacterii determină apariția bolilor. Acești agenți patogeni pot infecta practic orice regiune a corpului uman. De exemplu:

- Bacteriile meningococice infectează membrana spinală și pe cea a creierului.
- Bacteriile care provoacă difteria au o unică afinitate pentru gît.
- Bacteriile tuberculoase invadează plămîinii.

Bacteriile, la fel ca alte organisme, continuă să evolueze conform principiului selecției naturale. De exemplu, boala mortală a plămînului, tuberculoza, cauzată de bacteria *Mycobacterium tuberculosis*, a reapărut

Material genetic
(dar fără nucleu distinct)



Peretele și membrana
celulei

Figura 16-4. Imaginea unei celule bacteriale tipice

ca un episod nefericit în istoria medicală ca urmare a procesului neîntrerupt de selecție naturală în lanțul bacterian. Pe la jumătatea secolului XX s-a avansat ideea că tuberculoza a fost absolut eradicată prin tratarea indivizilor pe cale orală, cu o combinație de două medicamente, rifampină și isoniazidă. Orice persoană poate fi infectată cu tuberculoză, însă cei cu un sistem imunitar normal nu iau de obicei boala, pentru că mecanismele lor de apărare sînt capabile să omoare bacteriile sau să le mențină inofensive în număr mic în plămîni, împiedicînd creșterea microorganismelor și distrugerea țesutului pulmonar. Dacă sistemul imunitar al unei persoane nu poate ține bacteriile sub control, ele se înmulțesc în număr mare, provocînd astfel o infecție de proporții și distrugerea țesutului pulmonar. Medicamentele menționate mai sus opresc acest proces numai atunci cînd tratamentul este urmat conștiincios timp de mai multe luni.

La mijlocul deceniul al nouălea al secolului XX s-a produs o creștere dramatică a numărului de persoane fără adăpost, a celor dependenți de droguri intravenoase și a celor suferinzi de SIDA – toate acestea fiind grupuri ai căror membri au în general sisteme imunitare deficitare. Modul de viață al acestor grupuri de indivizi nu este subordonat unui curs complet de terapie medicamentoasă pentru vindecarea infecțiilor. Cu alte cuvinte, cei care sînt cert infectați nu-și iau medicamentele la timp, oferind astfel bacteriilor șanse de supraviețuire.

Anumite organisme *Mycobacterium* posedă gene care contracarează acțiunea medicamentului și favorizează astfel selecția naturală a acelor organisme, provocînd apariția de noi germeni de *Mycobacterium* rezistenți la antibiotice, care nu pot fi anihilați cu nici un medicament cunoscut. Drept urmare, în fiecare zi sînt diagnosticate mii de noi cazuri de tuberculoză, deoarece bacteriile infecțioase și nou adaptate se răspîndesc prin tuse și contact intim, mai ales în marile aglomerări urbane.

În fiecare zi se descoperă noi medicamente, dar mulți oameni vor muri înainte de a se înțelege genetica rezistenței la tratament și a se aplica strategii terapeutice eficiente.

Anumite bacterii pot supraviețui independent de alte organisme, în timp ce altele sînt parazite. *Virusii*, pe de altă parte, nu sînt niciodată complet independenți și nu sînt celule. Fiecare virus este un sistem genetic dependent de celule pentru a supraviețui. Cu alte cuvinte, virusii au nevoie să crească în interiorul animalelor, plantelor sau al celulelor bacteriale. Ei sînt mult mai mici și mai simpli decît bacteriile, structura lor constînd numai dintr-un acid nucleic, un înveliș de proteină și, în unele cazuri, materie grasă și hidrocarburi.

Anumiți virusi numiți bacteriofagi (sau mîncători de bacterii), precum cei din figura 16-5, inserează în bacterii o coadă ascuțită pentru a se folosi de enzimele și procesele metabolice ale organismului mai mare în scopul propriei reproduceri. Deși anumite specii de virusi și bacterii provoacă

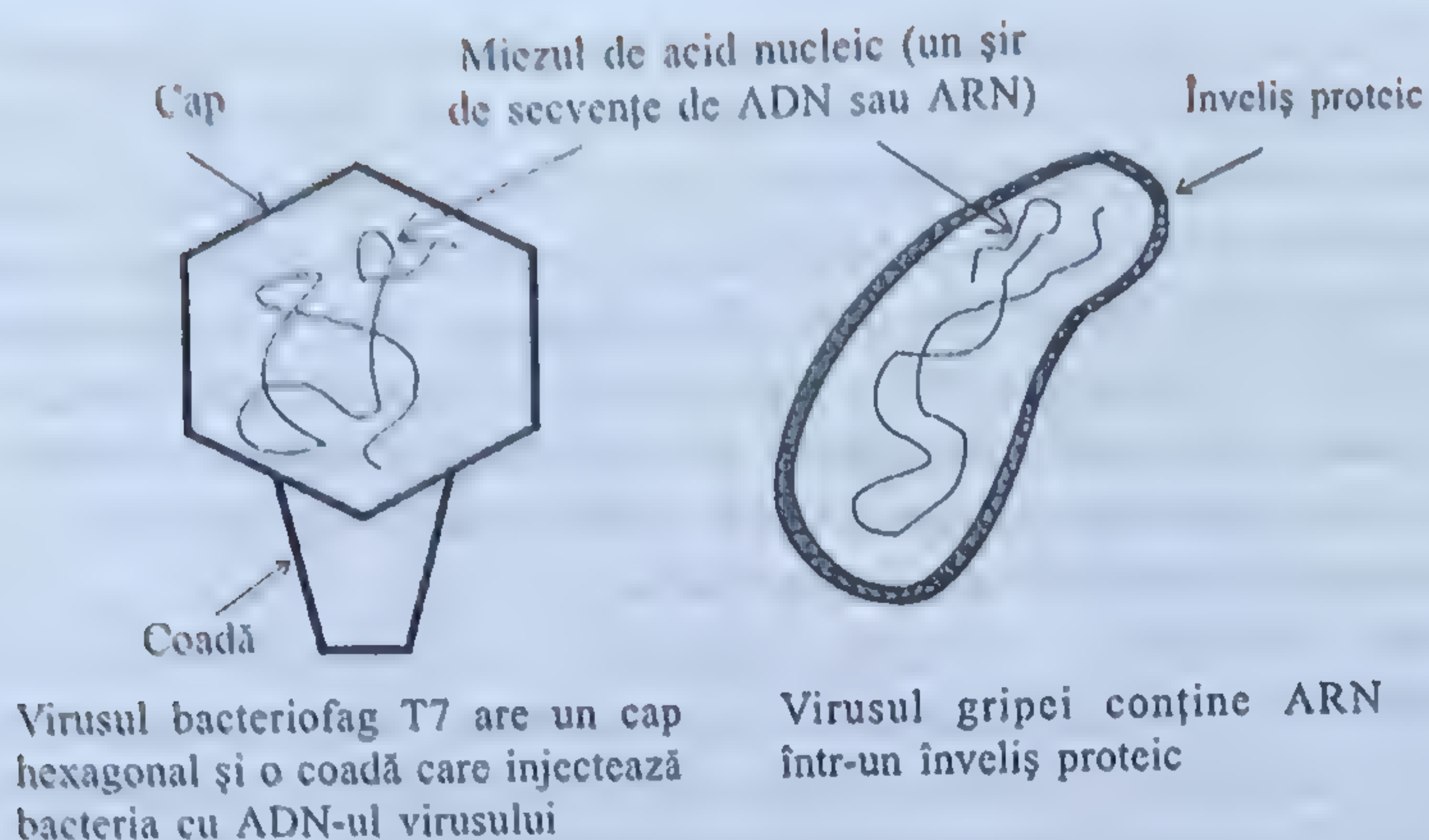


Figura 16-5. Viruși tipici

îmbolnăvirea speciei umane și practic a tuturor celorlalte specii, este evident că nu există nici un prejudiciu „deliberat”. Ei trăiesc pur și simplu în mediul deosebit în care au evoluat și s-au adaptat, reproducându-se și înmulțindu-se ca orice alt organism.

Celula primordială evoluează în toate formele de viață

Exemplul mușcăiurilor de noroi și al bureților

După apariția organismelor monocelulare pe Pământ și, sub presiunea selecției naturale, au avut loc milioane de modificări chimice și moleculare suplimentare de-a lungul sutelor de milioane de ani, inclusiv apariția moleculei de ADN, care a preluat încetul cu încetul sarcinile de autoreplicare ale ARN-ului. Protozoarele și alte organisme monocelulare au raportat un succes evident în ceea ce privește evoluția, lucru valabil și în zilele noastre. Dar dacă comparăm indivizii umani și toate celelalte *vietăți pluricelulare* cu metazoarele, constatăm că a devenit avantajos pentru un organism să fie constituit din mai mult de o singură celulă. În urmă cu aproximativ 600-800 de milioane de ani au apărut pentru prima oară organismele pluricelulare. Examinarea fosilelor și a vietăților actuale evidențiază cursul deosebit al evoluției de la viața monocelulară la cea pluricelulară. O dovadă clară a aceluiași traseu evolutiv o constituie organizarea „subclaselor”, începând cu animalele pluricelulare ce au evoluat din protozoare monocelulare. De exemplu, organismul pe care îl cunoaștem sub numele de mușcăi de noroi există în anumite stadii ale ciclului său de viață sub formă de organism monocelular care se poate mișca prin mediu prin intermediul unui *flagellum* (o structură alungită ca o coadă), la fel ca multe protozoare și bacterii. În alte situații, mulți dintre acești indivizi se adună laolaltă, membranele celulelor lor se unesc și o masă

mare, conținând mii de nuclee, se mișcă, funcționând ca un singur organism ce ingerează hrană. Pentru a se replica, această masă de protoplasmă formează o platformă cu un depozit care produce spori, foarte asemănător cu o plantă. Această creatură fascinantă prezintă atât trăsăturile specifice celulelor vegetale, cât și ale celulelor animale, astfel încât oamenii de știință nu știu exact cum să o clasifice. Nu încapă nici o îndoială că celulele care constituie mușgaiul de noroi reprezintă o formă foarte timpurie de viață care recapitulează multe aspecte referitoare la prima celulă de pe Pământ care s-a autoreplicat.

Un alt exemplu al evoluției timpurii de la stadiul de organisme monocelulare la cel de organisme pluricelulare, *volvox*, proliferază în habitaturile de apă dulce de pe glob. Volvox este pur și simplu o aglomerare de protozoare monocelulare ce trăiesc împreună într-o colonie în care se lipesc unele de altele. Această configurație îl ajută pe volvox să supraviețuiască și marchează un salt evolutiv timpuriu către victoriosul organism pluricelular.

Un asemenea traseu poate fi observat cu ușurință în următoarele forme de viață foarte complexe, cunoscute sub numele de bureți. Există sute de feluri de bureți, dar fiecare dintre ele constă din *trei tipuri de celule simple* care sînt organizate pentru a îndeplini funcții specifice și care trăiesc laolaltă ca un singur organism: un tip celular care mișcă apa în jurul unui corp cu cavitare deschisă, unul care secretă un țesut pe bază de siliciu pentru sprijin și unul care digeră particulele mici de hrană ce plutesc

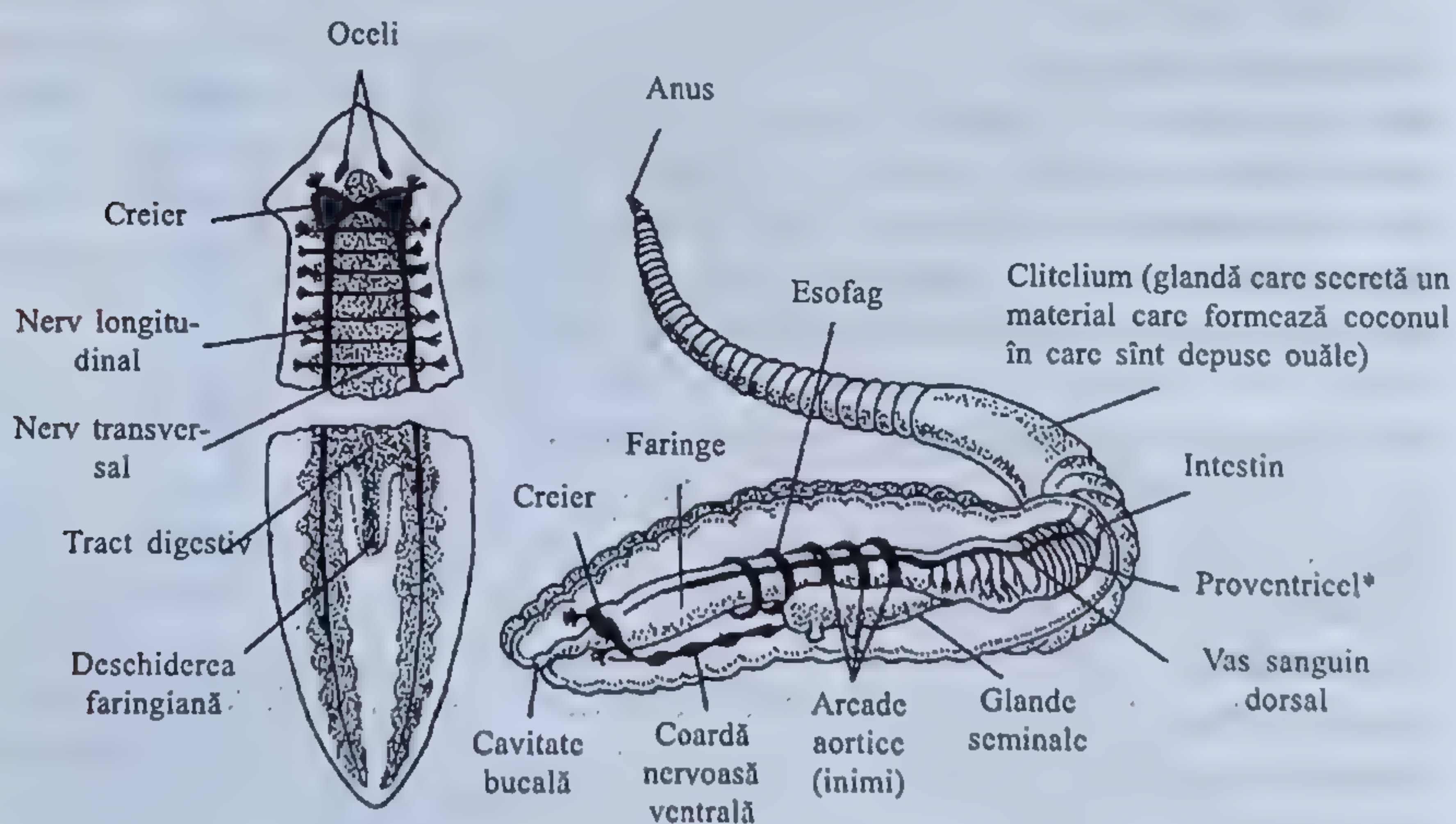


Figura 16-6. Viermele plat și rîmă

* Cavitare plasată pe tractul digestiv în care sînt mărunțite alimentele (n.r.).

în jur. Dacă cele trei tipuri de celule care alcătuiesc un burete sînt despărțite, ele sînt capabile să-și recunoască „sinele” și se vor uni din nou în felul lor primitiv. Totuși, aceste celule nu sînt încă organizate în țesuturi.

Nu este necesar să urcăm prea mult pe scara evoluției pentru a descoperi celulele care alcătuiesc țesuturi, adică grupurile de celule interactive cu o structură și o funcțiune similară, precum pielea, mușchii și nervii. Acestea se pot întîlni la meduze, actinii și stelele de mare. În pofida simplității lor, aceste creaturi au capacitatea de a simți și multe dintre ele sînt destul de mobile. Stelele de mare prezintă la extremitatea brațelor lor chiar și celule primitive organizate pentru a detecta lumina.

Următorii pași în complexitatea evolutivă sînt viermii plați, viermii inelați și viermii segmentați (vezi figura 16-6). Artropodele (insecte, crustacee etc.) au apărut după mai multe sute de milioane de ani, la o distanță nu prea mare față de amfibii, reptile și mamifere. Procesul de „speciație” și presiunile evoluționiste ale selecției naturale creau în acel moment, încetul cu încetul, mii de noi specii, din ce în ce mai complexe. Totuși, fiecare celulă a organismului, indiferent de complexitatea sa, funcționa pe baza aceluiași principii ale replicării și producerii de energie precum cele ale protozoarelor, mușgaiurilor de noroi, ale lui volvox și ale bureților.

Cunoașterea funcționării celulei și a evoluției ei constituie un aspect important al evoluției. De asemenea, aceasta stă la baza înțelegerii reproducerii și la originea oricărei forme de viață din supa primordială.

Uimitoarea dezvoltare mentală și fizică a individului uman dintr-o singură celulă

Avanposturi macrofage și celule umane care se tîrăsc

Pe parcursul a 70 de ani de viață, creierul uman înmagazinează aproximativ 100 de mii de miliarde de biți informație. Prin comparație, întreaga Enciclopedie Britanică are doar circa 200 de milioane de biți. Puterea superioară a creierului uman este rezultatul selecției naturale, la fel ca orice alte trăsături care conferă un avantaj supraviețuirii. Așa cum reiese din capitolul 14, primii noștri strămoși care rătăceau prin cîmpiile africane supraviețuiau mai curînd prin viclenie decît prin forță brută sau viteză.

Noi sîntem la fel de complicați din punct de vedere fizic. Din cele 60 de mii de miliarde de celule care compun corpul nostru, le avem în vedere nu numai pe cele care sînt organizate în țesuturi, ci și pe celelalte milioane de celule izolate de care depinde supraviețuirea noastră.

- Macrofagele alveolare („macro” însemnînd „mare”, iar „fagos” mîncător) consumă particule de praf inhalate pe care le poartă de-a

lungul plămînilor, prin trahee și în cele din urmă le scot în afara corpului. Două macrofage alveolare aflate în plămîni umani (A) sînt prezentate în figura 16-7. Celula rotunjită și „ciufulită“ (B) este staționară. Cealaltă macrofagă (C) din fundal migrează către o particulă străină inhalată (D), marcînd începutul procesului de ingerare a particulei care va fi anihilată și îndepărtată din plămîn.

- Alte tipuri de macrofage și fagocite migratoare (mîncătoare de celule) sînt transportate prin vasele noastre sanguine, adună celule sanguine moarte și devorează organisme potențial infecțioase.
- Alte macrofage și celule sanguine atacă celulele canceroase.
- Cele mai cunoscute celule sanguine albe (leucocitele), pe care le vedem sub formă de puroi, ingerează bacteriile, celulele de țesut mort, protozoarele și alte corpuri străine.

Toate acestea fac parte din clasa celulelor care alcătuiesc mecanismele de apărare ale corpului nostru. Așa cum a reieșit din exemplele de mai sus, ele învăluie și distrug bacteriile, virușii și alte substanțe străine, precum și celulele degradate și anormale. Ele își au originea în măduva spinării, pe care o părăsesc pentru a-și asuma sarcini prestabilite în numeroasele avanposturi din întreg organismul. Deși prezintă multe caracteristici similare bacteriilor și seamănă cu amoebele și protozoarele formate dintr-o singură celulă liberă, ele sînt un produs al genelor *umane*. Cu alte cuvinte, ADN-ul nostru este programat să creeze aceste „animalicule vii“. Ele nu apar ulterior în organismul nostru, așa cum se întîmplă cu bacteriile, amoebele și protozoarele.

Așa cum am afirmat anterior, unitatea clară în diversitatea vieții transpare din aspectul celulelor. Surprinzător, dacă am secționa cîteva din celulele care formează orice țesut sau organ din corpul uman (piele, rinichi, inimă, plămîn etc.) și dacă le-am pune într-o farfurie cu substanță nutritivă, fiecare celulă va începe imediat să acționeze ca un organism monocelular. Se vor tîrî și se vor hrăni, și multe dintre ele se vor reproduce prin diviziune celulară. Pentru că fiecare celulă se mișcă, ea explorează spațiul de dinaintea ei și poate să se smulgă sau să se alipească altor celule, formînd în ultimă instanță un țesut rudimentar în farfuria de cultură.

Cu 100 de mii de miliarde de biți de informație în creierele noastre și cu o funcționare care înlesnește apariția organismelor monocelulare menite să ne protejeze corpul ca într-un sistem defensiv complicat, noi sîntem niște ființe extraordinar de complexe, atît din punct de vedere intelectual, cît și fizic. Chiar dacă traseul nostru se înscrie complet în procesul evolutiv de 65 de milioane de ani (de la primatele ancestrale la *Homo sapiens*) descris în capitolul 14, tot ne-ar fi greu, dacă ne-am întoarce în timp, să acceptăm ideea că am evoluat dintr-o singură celulă. Cum poate fi acea simplă celulă strămoșul universal? Totuși, în partea a V-a am văzut că s-a



Figura 16-7. Două macrofage alveolare în plămînul uman – cea din prim-plan (C) îndepărtează o particulă străină (D)

scurs o perioadă îndelungată de timp înainte ca teoria lui Darwin să fie înțeleasă și acceptată. În același imens interval, procesul selecției naturale a avut drept rezultat evoluția unor organisme monocelulare în formele de viață pluricelulară. Emoțiile și miturile inspirate de originile omului trebuie să facă loc adevărilor pe care le avem astăzi la îndemînă.

Dezvoltarea organismelor complexe – precum cel omenesc – a fost inevitabilă ori s-a realizat întîmplător sau printr-un accident istoric? Dezbătută de multe zeci de ani, această întrebare a avut drept consecință multe perfecționări ale teoriei evoluționiste, cum a fost aceea adusă de Stephen Jay Gould cu privire la echilibrul punctual și teoriile ce decurg din ea despre autoorganizare și „știința” complexității. S-au scris cărți întregi dedicate principiilor autoorganizării și complexității, una dintre ele fiind *Acasă în Univers* de Stuart Kauffman, în care autorul se străduiește să demonstreze că există legi și principii generale ale ordinii care se aplică la sisteme biologice complexe și, în combinație cu selecția naturală, fac inevitabilă evoluția și creația vieții. Referindu-se la meteoriții de pe Marte care par să conțină urme de molecule organice, James Ferris de la Institutul Politehnic Rensselaer afirmă:

„Este ceva inevitabil... Viața este un produs natural al fizicii, chimiei și al altor legi ale universului nostru“.

Disputa cu privire la caracterul inevitabil sau întâmplător al vieții nu poate fi clarificată și nu permite formularea unei concluzii. Totuși, acum, după ce am ajuns să înțelegem celula și funcționarea ei, trebuie să recunoaștem că oamenii de știință au reușit să determine procesele fizice responsabile de autoreplicare și creștere și care au impulsionat organismele monocelulare originare către evoluția lor în forme de viață mai complexe – plante, animale și oameni. Omenirea a fost întotdeauna fascinată atât de locul și de rolul său în univers, cât și de un astfel de început. Crearea universului. Apariția vieții. Primii humanoizi de pe Pământ. Einstein a spus cândva despre Copernic că ne-a dat o lecție de modestie atunci când a arătat că Pământul și omenirea nu sînt în centrul universului. Darwin a afirmat că ar trebui să fim mîndri că am ajuns la apogeul oricărei forme de viață, fiind singura specie care este conștientă de sine, își contemplă destinul și înțelege istoria. Acum, oamenii de știință au reușit să reconstituie amestecul de elemente din care s-au format primele molecule organizate și să traseze istoria evolutivă de la primele celule la cele 60 de mii de miliarde de celule care lucrează laolaltă. Indiferent dacă acest traseu al evoluției a fost inevitabil sau accidental, biochimistii și biologii secolului XX ne-au explicat de curînd esența propriei noastre existențe.

Capitolul 17

Mărgele într-un şirag

„Pentru Weismann, celulele embrionare sînt nemuritoare... Fiecare generație transmite celei care urmează fluidul nemuritor, nemodificat de experiența corpului... Corpul este temporar, trecător. Principalul lui «scop» nu este atît viața sa individuală, cît puterea lui de a susține și a duce pînă în faza următoare extrem de importantul material reproducător... [Dar] plasma embrionară trebuie să se schimbe uneori – altfel nu ar exista evoluție... Să fi existat oare vreun impuls interior, inițial sau extrem de puternic care a dus la procesul evoluției? Singurul răspuns posibil ar fi presupunerea unei forțe interne care împinge dincolo de domeniul explicației științifice.“

THOMAS HUNT MORGAN
Ereditate și sex (1913)

Orașul Brno este amplasat la confluența râurilor Svatka și Svitava, pe teritoriul actualei Republici Cehe. Fondat în 1243, orașul a supraviețuit invaziilor husite, boemiene, suedeze, iar ulterior războiului Sileziei și al lui Napoleon, devenind lăcașul unei noi și de acum faimoase serii de experiențe care s-au finalizat cu primii pași către înțelegerea felului în care trăsăturile și caracteristicile biologice se transmit de la părinți la urmași.

Mendel formulează principiile de bază ale geneticii

Pagini netăiate

Concepția populară potrivit căreia ereditatea este transmisă prin propriul nostru sînge se reflectă într-o serie de expresii obișnuite precum „legături de sînge“, „sînge amestecat“, „sînge rău“, „sînge albastru“ sau „sînge regal“ ori „rudenie cosanguină“. Putem din nou să-l învinuim pe Aristotel pentru originea acestei concepții greșite, chiar dacă a fost acceptată de-a lungul secolului al XIX-lea de majoritatea biologilor, printre care și Darwin – (paradoxal, celulele roșii sînt singurele celule din corpul nostru care nu conțin gene, deoarece nu au nucleu). Gregor Mendel (1822–1884) a jucat un rol fundamental în combaterea vechilor teorii referitoare la trăsăturile moștenite și în ridicarea studiului eredității la rangul de știință biologică.

Născut în Heinzendorf, Austria, Mendel a fost fiul unor țărani săraci, iar în tinerețe s-a dedicat cu pasiune muncilor agricole la ferma și livada familiei. În 1843 a intrat în ordinul mănăstiresc augustin din Brno, iar peste patru ani a devenit preot. Augustinii au finanțat și sprijinit cercetările lui interesante în domeniul științelor naturale, trimițându-l la Universitatea din Viena, unde a studiat fizica, chimia, matematica, zoologia și botanica. S-a întors la Brno în 1854 și a început să predea științele naturale într-un liceu în care mai mulți colegi ai săi erau preocupați de cercetarea științifică și cu care mai târziu a înființat Societatea Naturaliștilor. Mendel s-a alăturat grupului și a putut să-și cultive interesul deosebit pentru botanică datorită numeroaselor cărți din biblioteca școlii și a mănăstirii.

Începînd din 1856, Mendel a efectuat experiențe de încrucișare a mai multor varietăți de mazăre în mica grădină a mănăstirii pentru a observa rezultatele statistice ale combinării a șapte caracteristici ale plantelor, printre care culoarea semințelor, forma lor, înălțimea față de plantele pitice și încă alți patru factori. De exemplu, el voia să afle dacă urmașul unei plante înalte care a fost încrucișată cu una scundă va fi înalt, scund sau de înălțime medie. De-a lungul numeroșilor ani de experiențe care au urmat și după ce a analizat practic mii de plante, el a determinat proporțiile numerice care au rezultat din aceste experiențe. Pe baza acestor proporții a stabilit cinci principii care se aplică în mod egal tuturor viețuitoarelor și care funcționează și astăzi:

1. Fiecare caracteristică fizică a unui organism viu (de la protozoare monocelulare pînă la ființe umane) este produsul unui anumit „factor ereditar” pe care Mendel l-a considerat ca pe un fel de tip de particulă (cunoscut acum sub numele de genă).
2. Acești factori ereditari se găsesc în ființele vii în *perechi*. De exemplu, perechea mamei ar putea consta dintr-un factor pentru ochi verzi și un factor pentru ochi căprui, iar perechea tatălui verzi și albaștri.
3. În privința fiecărei caracteristici, numai unul din cei doi factori care există la mamă (de exemplu cel pentru ochi verzi) și unul din doi de la tată (de exemplu cel pentru ochi albaștri) se vor transmite tuturor urmașilor.
4. Există o probabilitate egală ca oricare dintre factorii materni și oricare dintre cei paterni să fie moșteniți de urmașii lor. Deci, conform exemplului, rezultatul poate fi una din aceste combinații de factori ereditari pentru culoarea ochilor lor:

De la Tată/Mamă

- Verzi/Verzi
- Verzi/Albaștri
- Căprui/Verzi
- Căprui/Albaștri

Ochii urmașilor și toate celelalte caracteristici fizice nu reprezintă niciodată un *amestec* de factori.

5. Unii factori sînt dominanți, iar alții au un caracter recesiv. Prin urmare, dacă factorul ce determină ochii verzi ar fi dominant asupra celor ce determină ochii albaștri sau căprui și dacă factorul „albastru” ar fi dominant asupra factorului „căprui”, 75% din urmașii celor doi părinți ipotetici ar avea ochi verzi și 25% vor avea ochi albaștri (ultimul exemplu de mai sus). Copilul ar putea avea ochii căprui numai dacă ambii părinți ar asigura factorul recesiv pentru culoarea ochilor căprui.

În 1865 (la șase ani după publicarea cărții lui Darwin, *Originea speciilor*), Mendel a prezentat Societății Naturaliștilor din Brno două lucrări (sub titlul *Experimente cu hibrizi de plante*), în care a explicat rezultatele cercetării lui asupra aceleiași specii, mazărea. Cu toate acestea, nici unul dintre reprezentanții acestui redutabil organism nu a recunoscut aplicația pe care descoperirile lui Mendel ar fi putut să o aibă în înțelegerea eredității sau evoluției. Mendel a subliniat chiar că nici un om de știință „nu a determinat pînă atunci numărul diferitelor forme în care apar urmașii hibrizilor și... nici nu a stabilit relațiile lor statistice”. După părerea celorlalți membri ai societății, lucrarea sa era de natură matematică și, credeau ei, avea puține aplicații în botanică sau filozofie naturală. Lucrările lui au fost publicate în 1866, împreună cu alte studii ale societății pentru anul precedent, iar copiile întregului volum aveau să fie trimise, așa cum cerea regulamentul, bibliotecilor academice din Londra, Paris, Viena, Berlin, Roma și din alte mari orașe din Europa, precum și în Statele Unite. Lucrarea lui Mendel a rămas în parte necitită și a trecut neobservată; numai autoritățile clericale din Moravia l-au admonestat pentru „părerile darwiniste”, reamintindu-i atitudinea Bisericii față de evoluționism. Ultimii 18 ani ai vieții lui Mendel au fost lipsiți de evenimente științifice. El și-a reluat îndatoririle monahale, a fost ales abate al mănăstirii sale în anul 1868 și s-a bucurat de respect pentru un alt fel de muncă în folosul comunității. În tot acest timp, lucrarea sa revoluționară zăcea în colbul de pe rafturile bibliotecilor din întreaga lume.

Deși Mendel a strîns toate articolele și cărțile lui Darwin apărute înainte și după *Originea speciilor*, nu există nici o dovadă precisă cum că cei doi ar fi corespondat. Chiar dacă au făcut-o, este greu de anticipat ce ar fi putut să rezulte dintr-un asemenea contact, și probabil că nu ar fi schimbat cursul istoriei eredității ca știință biologică, în special pentru că dovada specifică a factorilor ereditari ai lui Mendel a trebuit să aștepte lucrarea despre cercetarea celulei discutată în capitolul 16, care avea să ducă la nașterea geneticii în secolul XX.

Celelalte capitole ale poveștii începute de Darwin cu *Originea speciilor*

au fost scrise gradat și pe îndelete în ultima parte a secolului al XIX-lea de către Walther Flemming și August Weismann. Așa cum s-a menționat în capitolul 16, descrierea foarte exactă a diviziunii celulare făcută de Flemming în cartea apărută în 1882, *Substanța celulei, nucleu și diviziune celulară*, a arătat că reproducerea celulei implică transferul de cromozomi de la celulele părintelui la „fiică” prin mitoză. August Weismann (1834–1914), un biolog german care era la curent cu descoperirile lui Flemming, și-a dat seama că nu ofereau un răspuns la întrebările despre diviziunea celulelor unice cunoscute sub numele de ovul și spermă. Fără să fi aflat de experiențele lui Mendel, Weismann a scris că celulele ovulului și spermei animalelor conțin probabil „un lucru esențial al speciei, ceva care trebuie păstrat cu grijă și transmis de la o generație la alta”. Aceasta era teoria sa despre „plasma embrionară”, publicată mai întâi în *Plasma embrionară: Teoria eredității* în 1886, teorie potrivit căreia toate viețuitoarele conțin o substanță ereditară specială. El a înțeles, de asemenea, că dacă toate substanțele ereditare ale celor doi părinți s-ar amesteca în ovulul fertilizat, ar exista o creștere geometrică a acelor substanțe, iar celula nu le-ar mai putea înmagazina. Astfel, Weismann a prezis, în teoria sa, că materialul ereditar este purtat de cromozomii lui Flemming și că există o unică formă de diviziune celulară (denumită „meioză”) în finalul căreia fiecare nucleu „fiică” primește doar jumătate din cromozomii pereche de la fiecare din nucleele celulei parentale. Aplicată la humanoizi, de exemplu, teoria lui Weismann ar sugera că fiecare celulă ou și fiecare celulă spermatică conțin 23 de cromozomi în loc de 23 de perechi de cromozomi aflați în componența oricărei alte celule din corpul uman (cu excepția globulelor roșii, care nu au nucleu și prin urmare nici cromozomi).

Pentru că secolul al XIX-lea se apropia de sfârșit, o serie de biologi făceau cercetări pentru a testa teoria lui Weismann, structura și comportamentul celulelor spermei și ovulului în timpul acestui proces. Multe dintre acestea au implicat experiențe foarte asemănătoare cu cele efectuate de Mendel cu 35 de ani în urmă. Abia în acel moment – în pragul secolului – avea să apară cea mai formidabilă teorie din istoria științifică și tot atunci va fi redescoperită lucrarea clasică a lui Mendel, dezgropată din mormântul său academic în luna martie a anului 1900 de către olandezul Hugo de Vries prin publicarea celor două lucrări ale sale despre hibridizarea plantelor. „Este atât de rar citat încât nici eu nu l-am cunoscut decât la sfârșitul experiențelor mele, atunci când am ajuns independent la concluziile expuse mai sus.” Când alți oameni de știință s-au dus la rafturile bibliotecii pentru a citi ei înșiși exemplare ale *Dezbaterilor Societății Naturaliștilor* din Brno din 1865 ei au observat că paginile lucrării lui Mendel erau netăiate. Așadar, lucrarea nu fusese niciodată citită. Timp de 34 de ani ea nu a văzut lumina zilei, atât la propriu, cât și la figurat, dar meditațiile ignorate pînă la acea dată aveau să devină curînd legile de bază ale eredității.

S-a născut știința geneticii

Cartografierea cromozomilor

De îndată ce ideile lui Mendel au fost introduse în principalul flux al cercetării asupra eredității, a devenit evidentă importanța mitozei lui Flemming și a meiozei lui Weismann. Într-o lucrare din 1902 apărută în *Buletinul Biologic*, al cărei subiect avea să fie reluat mai târziu într-un articol intitulat „Cromozomii în ereditate”, geneticianul american Walter S. Sutton (1877–1916) a furnizat prima dovadă concludentă că *cromozomii poartă elementele eredității și că ei apar în perechi distincte*, așa cum prezisese Weismann. Dovada a fost obținută în urma experiențelor efectuate de Sutton asupra conformației spermei la greieri, la care a observat că fiecare cromozom din nucleul celular devenea perechea unui cromozom fizic asemănător. Așa cum se arată în figura 17-1, ulterior cromozomii împerecheați se contractă, se replică și în cele din urmă se separă, fiecare îndreptându-se către o altă celulă a ovulului sau a spermei. Împerecherea fizică a copiei paterne sau materne a fiecărui cromozom este unică în meioză. Contrar procesului de mitoză, în care cromozomii paterni și materni se aliniază pur și simplu înainte de anafază și separare (vezi figura 16-3), în meioză cromozomii se replică mai întâi și apoi se unesc. În mitoză, fiecare celulă produce două noi celule, fiecare cu un număr întreg de cromozomi împerecheați, în vreme ce procesul meiozei implică *două diviziuni celulare separate* care au ca rezultat *patru* noi celule, fiecare cu un set din jumătate din numărul cromozomilor celorlalte celule. În scop demonstrativ figura 17-1 prezintă doar doi cromozomi din nucleul ovulului sau spermei, deși nucleul fiecărei celule din ovulul sau sperma umană conține de fapt 23 de cromozomi. Celulele ovulului uman sînt destul de mari ca să fie vizibile cu ochiul liber.

Meioza se deosebește de mitoză și prin aceea că genele, „conținutul” cromozomilor din celula ovulului și a spermei, sînt singurele responsabile pentru profilul ereditar al urmașului. Astfel, în timp ce mitoză este corelată cu viața de zi cu zi a diferitelor tipuri de celule, meioza implică procesele fundamentale ale geneticii și evoluției. Experiențele lui Sutton asupra meiozei au transformat matematica abstractă a lui Mendel și prezicerile lui Weismann în realitate fizică prin identificarea „colecțiilor” acestor particule (numite ulterior „gene”) din cromozomi ca factori ereditari.

Meioza și discuția de mai sus se referă la diviziunea celulară a ovulului și a spermei, nu și la fertilizarea celulei ovulului sau la reproducerea întregului organism (precum cel al omului). Totuși, după ce a fost înțeleasă meioza, a devenit clară ideea că *esența eredității constă în duplicarea genelor, purtătoarele informațiilor genetice*. Început în momentul în care este fertilizată celula ovulului, procesul meiozei discutat în capitolul 16 (vezi figura 16-3) are drept rezultat această celulă de ovul fertilizată, care

Meioza este singurul proces de diviziune celulară pentru celulele ovulului și celulele spermelor

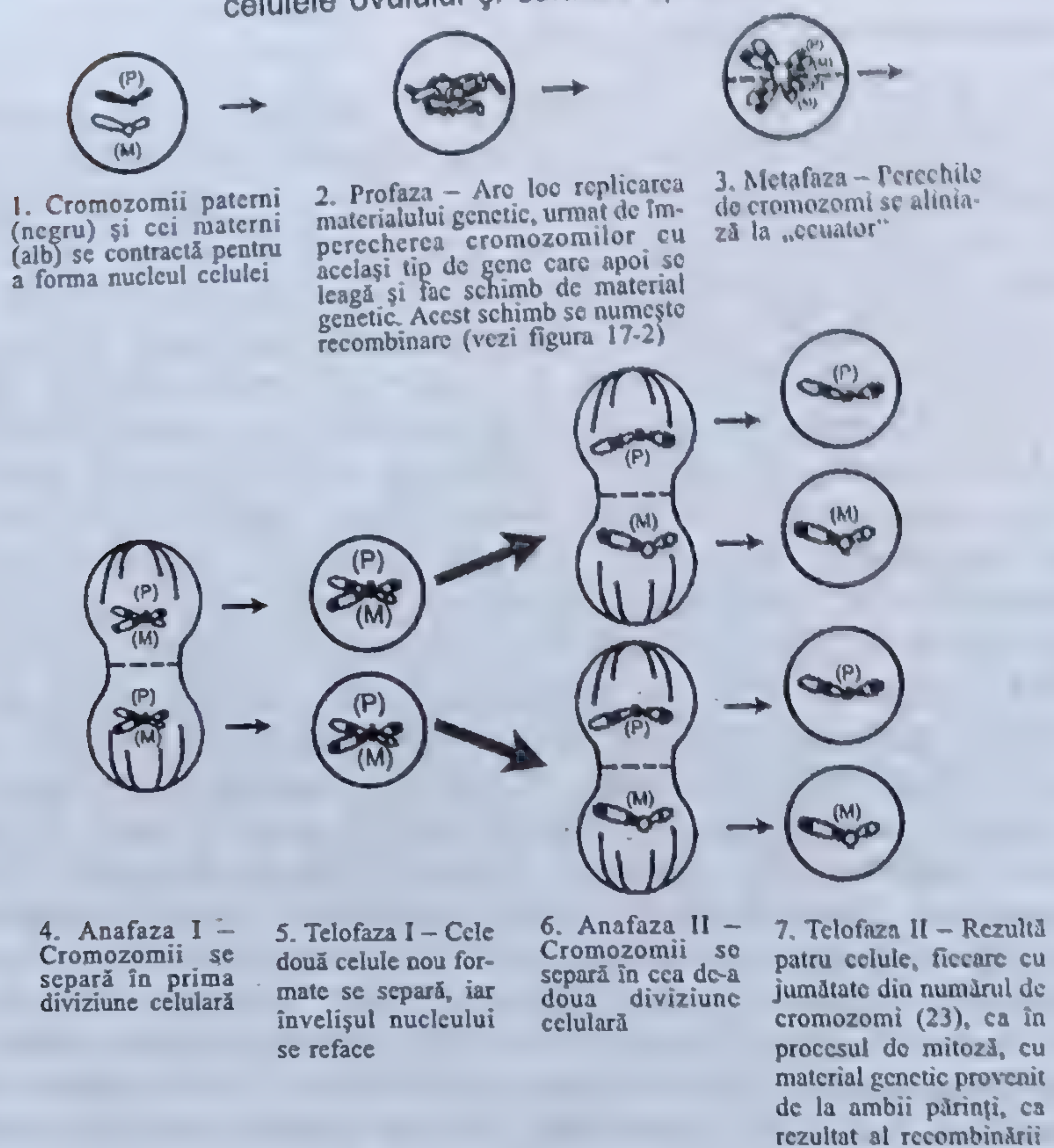


Figura 17-1. Etapele meiozei

În cele din urmă se divide în mii de miliarde de celule. „Îndrumate” de gene, aceste celule se diferențiază în sute de tipuri, fiecare cu câte o funcție specifică (celule ale ficatului, ale nervilor, ale pielii, ale creierului etc.). Așa cum vom vedea în capitolul următor, aveau să treacă multe decenii după experiențele lui Sutton și ale altor geneticieni pînă cînd oamenii de știință vor putea în sfîrșit să descrie compoziția chimică specifică a genelor.

Începînd din 1903 și continuînd pe parcursul mai multor decenii, oamenii de știință au dus mai departe descoperirile lui Darwin, Mendel, Flemming, Weismann și Sutton și ne-au făcut să înțelegem mai bine principiile care intră în funcțiune atunci cînd descendenții moștenesc modelul genetic al părinților lor.

- Herman Nilsson-Ehle (1873–1949). Începînd din 1900 și continuînd pînă la pensionarea sa, în 1939, acest genetician suedez a efectuat cercetări asupra varietăților de grîu și ale altor plante, confirmînd și îmbogățind cele cinci principii ereditare ale lui Mendel. De-a lungul carierei sale, el pus bazele unor noi domenii de cercetare asupra genelor și cromozomilor și a grăbit cunoașterea principiului mutațiilor genetice.
- Edward M. East (1879–1938). Activitatea sa de pionierat în domeniul geneticii plantelor și botanicii, începută în 1900, a cuprins experiențe pe plante de tutun, care l-au condus la concluzia corectă că mutațiile spontane produse chiar în interiorul genelor explică modificările apărute de-a lungul generațiilor ulterioare de plante, fără nici o schimbare a condițiilor de mediu. Aceste mutații pot fi esențiale în procesul selecției naturale, pentru că atunci cînd imprimă o trăsătură avantajoasă, ea este selectată printr-o șansă crescută a acelui organism supraviețuitor. Caracteristica mutantă este transmisă apoi descendenților.
- Thomas Hunt Morgan (1866–1945). Prin experiențele sale asupra musculiței de oțet *Drosophila* (care produce cîte o nouă generație la fiecare două săptămîni), Morgan, genetician și zoolog, a făcut monumentală descoperire conform căreia cromozomii *nu sînt structuri permanente*. În 1909, el a adoptat termenul de „genă” (folosit pentru prima dată chiar în cursul acelui an de către botanistul și geneticianul danez Wilhelm Ludvig Johansen) pentru a se referi la unul din „factorii ereditari” ai lui Mendel. În următorii cîțiva ani, colaborînd cu trei dintre absolvenții săi de la Columbia, Morgan nu numai că a reușit să confirme teoria lui Sutton potrivit căreia fiecare cromozom este purtător al unei colecții de gene „însirate ca mărelele pe ață”, dar a și descoperit că poziția fiecărei „mărele” poate fi „cartografiată” și identificată prin delimitarea regiunilor precise ale cromozomilor.

Dar ceea ce este și mai important, Morgan și grupul său au fost primii care au demonstrat că pe parcursul perioadei în care cromozomii se împerechează și apoi se contractă, ei pot *face schimb* de material genetic între cromozomii de origine maternă și paternă, așa cum s-a observat în profaza meiozei (vezi figura 17-1). Acest schimb se numește *crossing-over*. Cînd cromozomii „recombinați” se separă în celulele nou formate ale ovulului sau spermei, celulele respective se remarcă printr-o dispunere unică de gene în cromozomii lor ca rezultat al acelui schimb.

Ilustrația precedentă despre meioză (Figura 17-1) a evidențiat acest schimb de gene între cromozomi. Figura 17-2 oferă noi detalii, reprezentînd șirurile reale de material genetic (care acum sînt cunoscute sub numele de ADN) ce alcătuiesc cromozomii. Recombinarea materialului genetic mai are loc și atunci cînd bacteriile

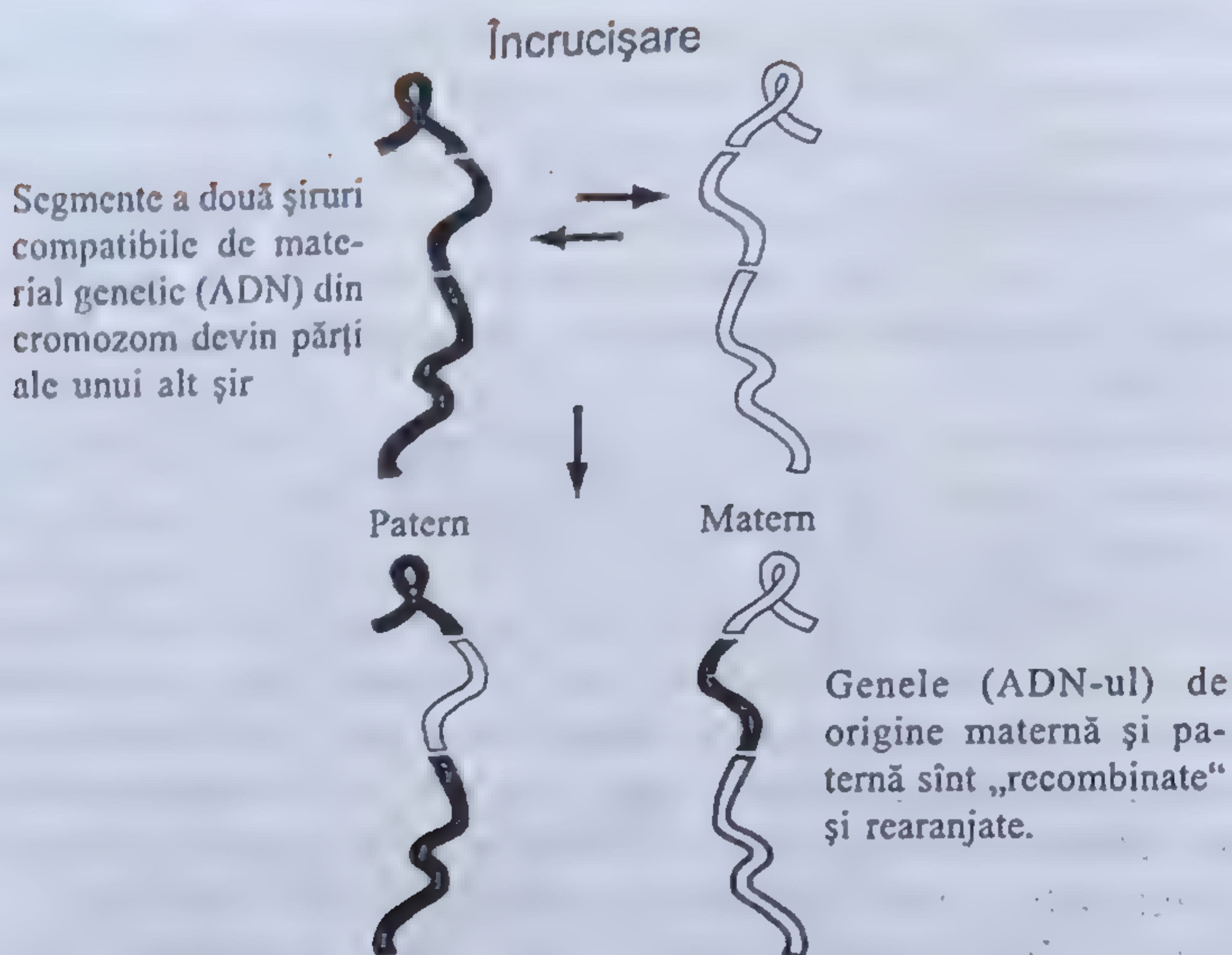


Figura 17-2. Recombinarea genetică în timpul meiozei

monocelulare sau fungii simpli se reproduc prin diviziune celulară. Totuși, termenul se referă în general la schimbul de secvențe de ADN (adică de gene) între cromozomii paterni și cei materni pe parcursul procesului normal al meiozei la oameni și animale.

Importanța crucială a recombinării constă în faptul că celulele ovulului și ale spermei sînt singurele celule care determină alcătuirea genetică completă a descendenților. Materialul genetic *recombinat* este transferat generațiilor următoare. Morgan și colegii lui au dovedit că procesul variației care explică circumstanțial evoluția *nu* se datorează mutațiilor semnificative ce au loc în fiecare nouă generație, ci recombinării acelor „mărgele pe un șirag” – anume genele. Astfel, Morgan a stabilit o strînsă legătură între Darwin și Mendel și a descoperit că factorii lui Mendel au o bază fizică în structura cromozomului. Totodată, el a pus bazele teoriei aranjării liniare a genelor în cromozomi. În 1915, Morgan și asistenții săi au publicat aceste descoperiri în *Mecanismul eredității mendeliene*. În 1933 Morgan a primit Premiul Nobel pentru activitatea sa din domeniul geneticii. În ceea ce privește proiectul genomului uman, analizat în capitolul 19, oamenii de știință se află acum în stadiul de localizare exactă a celor 100 000 de gene umane și a relațiilor lor reciproce.

- R.A. Fisher (1890–1962), J.B.S. Haldane (1892–1964) și Sewall Wright (1889–1988). Între anii 1920 și 1930, acești trei geneticieni, remarcabili și prin calitățile lor de matematicieni, au calculat independent unii de alții, dar simultan, că micile variații din recombinările cromozomiale, precum și mutațiile spontane deduse de Edward East

ai putea explica din punct de vedere matematic enormele schimbări survenite în organisme vii în perioadele de timp indicate de dovezile fosile și impuse de evoluția prin selecție naturală. La șase decenii după ce Societatea Naturaliștilor din Brno a nesocotit în mod regretabil importanța statisticilor lui Mendel, cei trei oameni de știință au fondat obiectul geneticii populației și au pus bazele selecției naturale, dându-i o explicație matematică. Îndeseobi cartea lui Ronald Fisher, *Teoria genetică a selecției naturale*, publicată în 1930, a evidențiat faptul că modificările lente, dar constante ale genelor explică evoluția darwiniană.

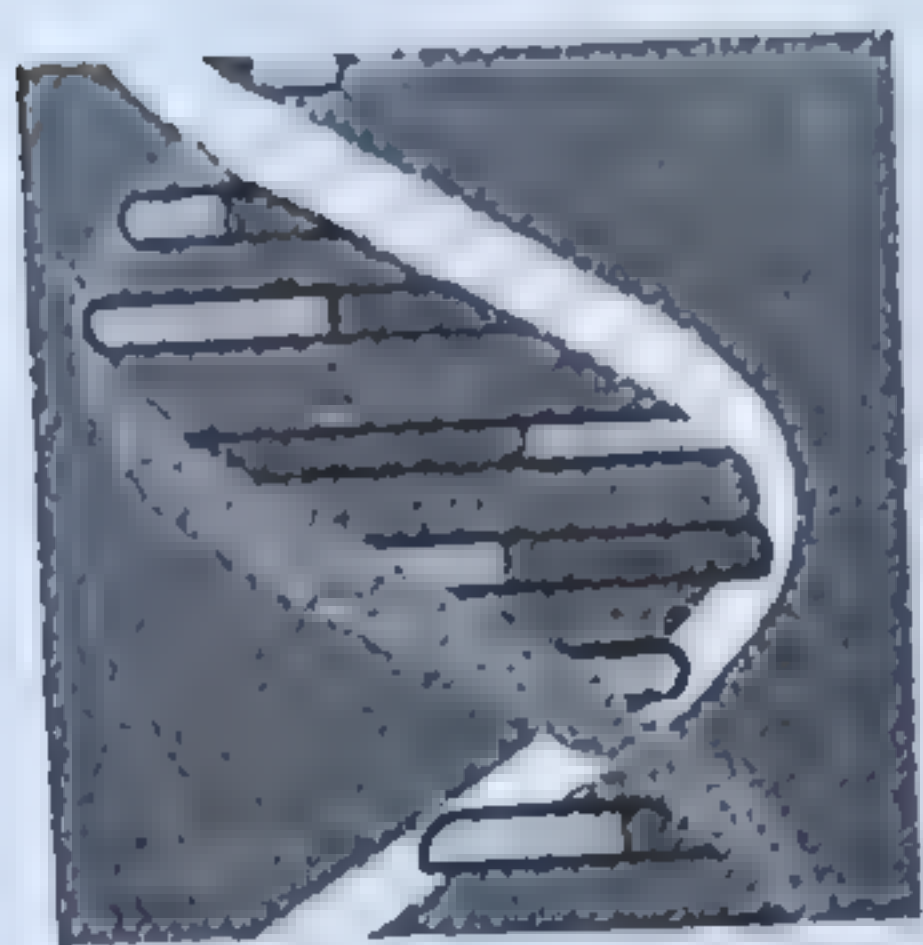
La vârsta de șapte ani, Sewall Wright a scris o broșură intitulată *Minunile naturii*, iar mai târziu, după ce a citit despre Mendel în *Encyclopedia Britannica*, a fost fascinat de genetică. Și-a publicat primul articol în 1912 (când era student, sub îndrumarea lui Edward East), iar ultima lui lucrare avea să vadă lumina tiparului în 1988. Combinând interesul pentru genetică cu extraordinarul său talent pentru matematică, pe care a învățat-o singur, Wright a făcut o muncă de pionierat în genetica matematică a populației și teoria evoluționistă, remarcându-se prin tratatul său pe aceste teme, *Evoluția și genetica populațiilor* (publicat în patru volume în anii 1968, 1969, 1977, 1978). Deoarece era singurul supraviețuitor din grupul celor care au pus bazele geneticii la începutul secolului XX, moartea lui Sewall Wright din 1988 a marcat sfârșitul unei ere.

- Barbara McClintock (1902–1992). După ce și-a luat doctoratul în botanică la Universitatea Cornell în 1927, această geneticiană americană a predat botanica și genetica timp de mai mulți ani și apoi a ocupat un post de cercetător la Cold Spring Harbor Laboratory din New York, unde a realizat o serie de experiențe asupra culorilor semințelor de porumb care au furnizat ultimele informații despre recombinare, realitatea și caracteristicile grupurilor de legătură ale genelor și relațiile dintre anumite gene. Ea a lucrat timp de cincizeci de ani la Cold Spring Harbor și în 1983 a primit Premiul Nobel pentru activitatea sa de pionierat din anii '40 și '50 asupra funcției și organizării genelor.

După ce gena a fost identificată drept „factorul ereditar” esențial postulat de Mendel, știința a trecut pe planul doi principiile și conceptele ereditare pentru a se concentra asupra compartimentelor fizice și chimice ale acestui misterios și extraordinar fragment de materie din celula nucleului. În 1932, James Chadwick descoperea neutronul, al treilea element subatomic din nucleul atomului, iar zece ani mai târziu fizicienii au învățat să exploateze imensa putere a atomului. Ciudat, totuși, au fost necesari mult mai mulți ani ca să înțelegem pe deplin structura și mecanismele

interioare ale nucleului celulei, chiar dacă este mult mai mare de vreme ce constă din *combinații* de atomi sub forma moleculelor organice esențiale și foarte complexe și care controlează întreaga viață. Dar tocmai această combinație și complexitate au făcut ca misterul să persiste. În mod surprinzător, la începutul anilor '20 ai secolului XX, exact în perioada în care fizicianul Ernest Rutherford prezicea că forțele nucleului atomic ar putea să nu fie niciodată înțelese, geneticianul Thomas Hunt Morgan a afirmat despre genele din nucleul unei celule că „o forță internă împinge lucrurile dincolo de domeniul explicației științifice“. O generație mai târziu, o dată cu cea de-a șaptea și cea mai recentă mare descoperire științifică ce va fi prezentată în următoarele pagini, acea „forță internă“ a fost identificată, iar structura și funcția ei au fost clarificate, închizându-se astfel cercul cunoașterii despre cele trei aspecte fundamentale și interrelaționate ale întregii vieți: *originea, reproducerea și evoluția*.

Partea a VII-a



Structura moleculei de ADN

Ultima dintre cele mai mari șapte descoperiri științifice se referă la configurația acidului dezoxiribonucleic, pe care toată lumea îl cunoaște ca molecula ADN. Trecerea de la partea a VI-a la partea a VII-a marchează totodată avansarea de la cercetările axate pe structura celulei și principiile geneticii în direcția evidențierii componentelor fizice și a funcționării interne a anumitor molecule din celulele nucleului, inclusiv cele de ADN. Dat fiind faptul că toate caracteristicile ființelor sînt în ultimă instanță determinate la nivel molecular, a fost necesară mai întîi o înțelegere a moleculei vieții pentru a putea fi elucidat misterul vieții. În partea a VII-a vom analiza structura și funcționarea moleculei organice care este responsabilă de existența tuturor formelor de viață și constituie mecanismul prin intermediul căruia are loc evoluția. Vom face o trecere în revistă a evenimentelor care i-au dus pe cei doi oameni de știință la descoperirea acestei structuri în februarie 1953, la mai puțin de un secol de la publicarea *Originii speciilor*.

Genetica a reunit discipline diverse, precum biochimia, biofizica și microbiologia. Astăzi, această combinație poartă denumirea de genetică moleculară, respectiv, studiul structurii moleculare a genelor și a modului în care genele controlează celulele. În acest domeniu atotcuprinzător s-a comasat o cantitate extraordinară de cunoștințe despre procesele care creează moleculele vieții și procesele prin care acele molecule dirijează formarea și crearea restului organismului. De fapt, am dobîndit atît de multe cunoștințe despre felul în care sîntem alcătuiți încît în prezent am înregistrat progrese notabile în activitatea de cartografiere a întregului cod genetic uman și de aplicare a acestor cunoștințe la vindecarea bolilor genetice. Vom analiza această revoluție uluitoare și impactul ei considerabil asupra vieților noastre.

Capitolul 18

Coloana vertebrală a vieții

„Nu este nevoie de legi științifice noi pentru a explica complexitatea și organizarea organismelor vii... Esența vieții... constă în capacitatea ființelor de a extrage energie din mediu și de a o folosi atât pentru a-și construi propriile structuri complexe, cât și pentru a se copia pe ele însele.”

JOHN GRIBBIN

In Search of the Double Helix

(În căutarea spiralei elicoidale duble – 1985)

„Cartea vieții e foarte bogată; o moleculă cromozomială tipică de ADN dintr-o ființă umană este compusă din aproximativ cinci miliarde de perechi de nucleotide. Instrucțiunile genetice ale tuturor formelor de viață de pe Pământ sînt scrise în aceeași limbă, folosind același cifru... Acest limbaj genetic comun reprezintă o dovadă în plus în sprijinul afirmației că toate organismele de pe Pământ descind dintr-un strămoș unic, un singur exemplu al originii vieții de acum aproximativ 4 miliarde de ani.”

CARL SAGAN

The Dragons of Eden (Dragonii Edenului – 1977)

*Ce sînt de fapt genele și din ce sînt alcătuite? În căutarea răspunsului la această întrebare, oamenii de știință au explorat mai întîi compoziția chimică și moleculară a materialului genetic și apoi structura fundamentală a atomului său. Așa cum a stabilit Albert Lehninger în *Principiile biochimiei*, „Ființele sînt alcătuite din molecule lipsite de viață [care] se conformează tuturor legilor fizice și chimice care guvernează comportamentul materiei neînsuflețite“. Totuși, moleculele care asigură esența vieții au o structură unică și extraordinar de complexă. Înțelegerea complexității acestei structuri, inclusiv funcțiile deosebite ale moleculelor și felul în care susțin ele viața prin reproducere, a devenit obiectul fascinant și greu de atins al oamenilor de știință din secolul XX.*

Identificarea acizilor nucleici și a adevăratei molecule prefigurează genetica moleculară

Sugestia unui cod secret

Cu câteva decenii înainte ca geneticienii Morgan și McClintock să extindă aria cunoștințelor noastre despre organizarea genelor și cromozomilor, câțiva chimiști au explorat structura celulei nucleare. Ei nu și-au dat seama că munca lor va furniza în cele din urmă informațiile cheie despre creditate. În 1869, biochimistul suedez Friedrich Mieschner (1844–1895) a avansat mai întâi ipoteza că toate nucleele celulelor au, probabil, o chimie specifică. În anii următori, el a descoperit diferite substanțe în nucleu pe care le-a separat în *proteine și molecule de acid* – de aici, termenul de „acizi nucleici”.

Un chimist de origine rusă, Phoebus A.T. Levene (1869–1940) a fost și el un pionier în studiul acizilor nucleici. După ce și-a luat doctoratul la Academia Medicală Imperială din Sankt Petersburg în 1891, Levene s-a refugiat în New York City pentru a scăpa de prigoana antisemită din Rusia. Acolo a studiat chimia la Universitatea Columbia și s-a dedicat apoi cercetării științifice, din 1905 până în 1939, la Institutul Rockefeller pentru Cercetări în Chimie. În 1909, el a identificat corect riboza ca zahăr într-unul din cele două tipuri de acizi nucleici, acidul ribonucleic (ARN), și a descoperit câteva componente ale celuilalt acid nucleic, acidul dezoxiribonucleic (ADN). Identificarea acizilor nucleici și a proteinei din nucleu i-a determinat pe Levene și pe mulți alți colegi ai săi să susțină că *moleculele proteice* complexe și bogate (și nu ADN-ul) sînt cele care înmagazinează toate informațiile genetice în cromozomi. Din nefericire, cercetătorii și-au axat studiile pe această falsă presupunere timp de zeci de ani, pînă cînd au descoperit sursa unui mecanism de copiere a genei în interiorul proteinelor. Teoria lui Levene, conform căreia ADN-ul nu avea alt scop decît să țină laolaltă moleculele de proteine, s-a dovedit incorectă.

Amendarea acestei false presupuneri a început în 1928, prin cercetările bacteriologului englez Frederick Griffith (1881–1941). Studiind bacteriile care provoacă pneumonia (pneumococi), acesta a descoperit că o anumită substanță necunoscută din celulele unui șir de pneumococi *morți* poate să intre într-o varietate diferită și vie de pneumococi vii și să determine transmiterea caracteristicilor ereditare ale varietății moarte către descendenții acestora. Alt bacteriolog, Oswald T. Avery (1877–1955), împreună cu colegii lui, au înțeles semnificația descoperirii lui Griffith și au petrecut zece ani încercînd să identifice agentul care constituia esența transformării genetice în bacterii. În cele din urmă, în 1944 Avery a publicat împreună cu colegii săi rezultatele cercetării lor ample, care a arătat clar că nici ARN-ul, nici proteina, ci ADN-ul este cel care permite transmiterea

informației ereditare. Această lucrare a reprezentat piatra de temelie a științei geneticii moleculare.

Cercetările ulterioare efectuate în Statele Unite de către biochimistul Erwin Chargaff (1905–) au determinat proporțiile celor patru componente prezente în ADN: adenină (A), citozină (C), guanină (G) și timină (T). Termenul din chimie pentru aceste substanțe este acela de „bază”, adică ceva care reacționează cu acizii pentru a forma săruri și are anumite caracteristici chimice. În 1950, Chargaff a determinat proporțiile exacte ale bazelor ADN-ului din interiorul fiecărei molecule. Astfel, *proporția de guanină este egală cu cea de citozină, după cum și proporțiile de adenină și timină sînt echivalente*. Prin urmare, cantitatea de guanină și adenină, *combinate*, este egală cu aceea de citozină și timină *combinate*. Cunoscute sub numele de Proporțiile lui Chargaff, acestea aveau să devină un element-cheie al descoperirii structurii moleculei de ADN.

O serie de experiențe din anii '40 și începutul anilor '50, efectuate de către biologul american Alfred D. Hershey (1908–) în privința ADN-ului bacteriofagelor – viruși care infectează bacteriile – au confirmat o dată în plus concluzia grupului Avery potrivit căreia nu proteina, ci ADN-ul reprezintă materialul genetic. În 1969, Hershey a primit Premiul Nobel pentru realizările sale. Astfel, cercetările geneticienilor de la început de secol XX, precum Avery, Chargaff și Hershey, au evidențiat existența unui fel de informație genetică sau cod configurat în molecula de ADN și transmis urmașilor tuturor viețuitoarelor.

Așa cum am menționat anterior, acizii nucleici sînt de două feluri: acidul ribonucleic (ARN) și dezoxiribonucleic (ADN). Bazele sînt aceleași în ambele molecule, cu excepția faptului că în ARN uracilul înlocuiește timina. Compoziția chimică a ADN-ului poate fi reprezentată astfel:

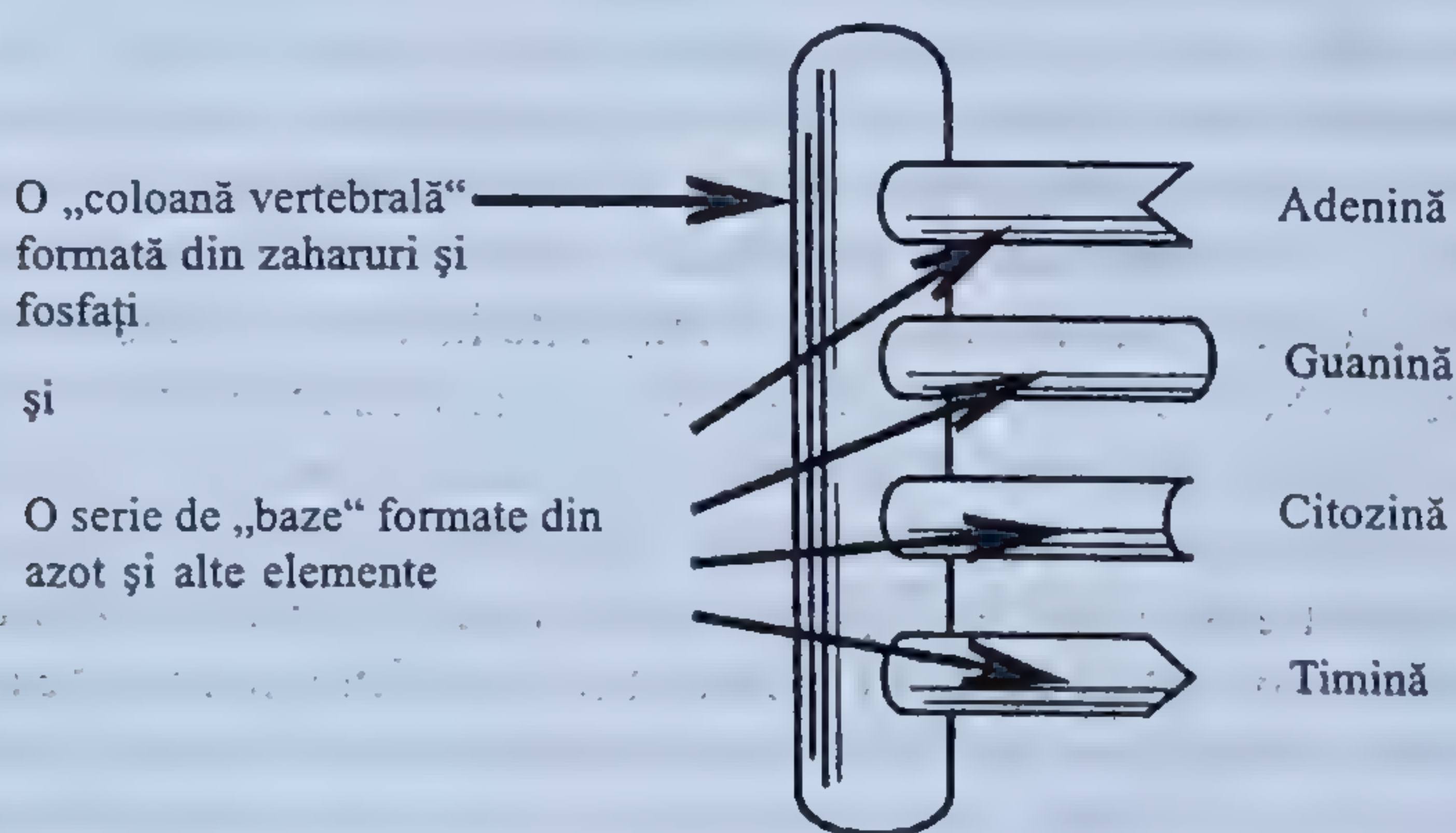


Figura 18-1. Coloana vertebrală și bazele ADN-ului

Așa cum vom vedea în curînd, *bazele* ADN-ului și ARN-ului au o importanță crucială în înțelegerea semnificației unei gene.

Genetica și chimia se combină cu fizica pentru a ne aduce în pragul descoperirii

Din nou despre fizica cuantică

Piatra de temelie a următoarei faze a acestei relatări au reprezentat-o descoperirea razelor X de către Röntgen, în 1895 și lucrările lui Thomson, Becquerel, Rutherford, Bohr, Einstein, Planck și alții. Așa cum am menționat în partea a II-a, acești oameni de știință au descoperit modelul actual al nucleului atomic încărcat pozitiv (protoni și neutroni), cu electroni încărcăți negativ care se rotesc în jurul nucleului pe orbite diferite. Moleculele se formează prin combinarea atomilor care își cedează electronii aflați pe ultimul strat sau ultima orbită a fiecărui atom – ultimul strat „are nevoie” de electroni suplimentari, ceea ce duce la realizarea legăturii chimice dintre elemente. Legăturile dintre atomii de hidrogen sînt ușor diferite față de alte legături chimice prin faptul că aceștia nu își pun electronii în comun, ci sînt uniți prin atracția electrică a atomilor. Același principiu al legăturilor care se aplică moleculelor simple precum H_2O (apă) este valabil și în cazul moleculelor organice mult mai complexe ce țin de domeniul biologiei, care conțin miliarde de atomi.

Aceste principii fundamentale ale chimiei și fizicii se combină în cele din urmă cu biologia pentru a ne da răspunsul la întrebarea pusă mai devreme: *Ce este gena?* În 1935, fizicianul german Max Delbruck (1906–1981) a fost, împreună cu alți doi biologi, autorul unei lucrări renumite în zilele noastre care încerca să dea un răspuns la întrebarea: de ce radiațiile cu lungimi de undă scurte provoacă mutații în materialul genetic. Delbruck a explicat că răspunsul se găsește în ramura fizicii denumită teoria cuantică, fiindcă mutațiile din organisme vii presupun ca moleculele din nucleul celulei să fie împinse dincolo de o barieră energetică (măsurată în „cuante”) în trecerea de la o configurație stabilă la o altă configurație stabilă – cu alte cuvinte, el a demonstrat că fizica atomică este cea care determină procesele biologice fundamentale. Influențat de lucrarea lui Delbruck, Erwin Schrödinger (1887–1961), renumitul teoretician fizician austriac, a scris în 1944 cartea *Ce este viața?* în care a ilustrat cum se explică stabilitatea moleculelor din structura genetică cu ajutorul fizicii cuantice. În acel moment tocmai erau date publicității rezultatele lucrării lui Oswald Avery asupra ADN-ului, astfel încît în cartea lui Schrödinger nu putea să apară afirmația că informația genetică este conținută în interiorul ADN-ului. Totuși, cartea lui Schrödinger a avut o mare influență asupra altor fizicieni care lucrau în biologie, aceștia sesizînd ulterior legătura dintre ADN și calculele lui Schrödinger.

Unii fizicieni au început să-și dea seama de importanța excepțională a lucrărilor lui Delbruck și Schrödinger. În plus, biochimistii Linus Pauling

(1901–1994) și J.D. Bernal (1901–1971) făceau descoperiri importante cu privire la structura proteinelor. Influențați de aceste evenimente, după cel de-al doilea război mondial, o serie de fizicieni au abandonat fizica particulelor fundamentale în favoarea incitantului și înfloritorului domeniu al biologiei, sesizând rolul important al fizicii în rezolvarea problemelor biologice. Au îmbogățit acest domeniu cu conceptele proprii fizicii, printre care și acela că toate corpurile materiale (precum moleculele organice) reprezintă aranjamente ale unui mare număr de atomi, iar comportamentul și proprietățile corpurilor respective pot fi explicate prin determinarea felului în care se alipesc atomii unul de altul pentru a forma molecule.

Un fizician care trece la biologie poate fi comparat cu un doctor care devine inginer – cele două domenii par a nu avea nimic în comun. Este o hotărâre curajoasă. Marea majoritate a fizicienilor și biologilor nu și-au dat seama de potențialele beneficii ale dezvoltării unei asemenea alianțe. Cu toate acestea, o mână de cercetători din ambele domenii au abordat, la început timid, biologia moleculară, și astfel a fost lansat termenul de „biofizică”. În primele stadii, biofizica era mai degrabă o tehnică de aplicare a cunoștințelor despre atomi și molecule în chestiuni legate de biologie, dar în curând a devenit o parte importantă a geneticii moleculare.

Unul dintre cercetătorii influențați de Schrödinger și de opera acestuia a fost Maurice H. F. Wilkins (1916–), un biofizician britanic născut în Noua Zeelandă care a folosit studiile de difracție a razelor X pentru a examina structura moleculară a ADN-ului. Difracția razelor X, numită și cristalografie cu ajutorul razelor X, este un fenomen în care atomii regulat aranjați ai unei substanțe (în special într-o structură cristalină) difractă, adică împrășteie, razele X care pot fi apoi înregistrate pe o placă fotografică printr-o metodă oarecum asemănătoare cu cea care a dus la descoperirea razelor X de către Röntgen în 1895. Configurația liniilor spectrale de pe fotografie oferă informații importante referitoare la configurația atomilor acelei substanțe, care nu putea fi detectată în alt fel deoarece atomii erau prea mici și pînă de curînd nu puteau fi văzuți cu nici un tip de microscop. Wilkins s-a familiarizat cu fenomenul de difracție a razelor X prin intermediul spectrografului de masă cu care a lucrat în cei doi ani de activitate consacrată Proiectului Manhattan, în timpul celui de-al doilea război mondial. După ce s-a întors în Anglia, a folosit difracția razelor X, împreună cu o studentă cercetătoare pe nume Rosalind Franklin (1920–1958), pentru a fotografia fibrele compuse din ADN pur. Aceste fotografii au devenit o verigă crucială în lanțul evenimentelor care au dus în cele din urmă la descoperirea structurii moleculei de ADN.

La sfîrșitul anilor 1940, biologii moleculari știau că ADN-ul este molecula vieții, dar nu-i cunoșteau exact structura și prin urmare nici felul în care își îndeplinea funcțiunile sau cum se duplica. Totuși, sosise momentul stabilirii unei convergențe între activitatea din genetică și noile

(1901–1994) și J.D. Bernal (1901–1971) făceau descoperiri importante cu privire la structura proteinelor. Influențați de aceste evenimente, după cel de-al doilea război mondial, o serie de fizicieni au abandonat fizica particulelor fundamentale în favoarea incitantului și înfloritorului domeniu al biologiei, sesizând rolul important al fizicii în rezolvarea problemelor biologice. Au îmbogățit acest domeniu cu conceptele proprii fizicii, printre care și acela că toate corpurile materiale (precum moleculele organice) reprezintă aranjamente ale unui mare număr de atomi, iar comportamentul și proprietățile corpurilor respective pot fi explicate prin determinarea felului în care se alipesc atomii unul de altul pentru a forma molecule.

Un fizician care trece la biologie poate fi comparat cu un doctor care devine inginer – cele două domenii par a nu avea nimic în comun. Este o hotărîre curajoasă. Marea majoritate a fizicienilor și biologilor nu și-au dat seama de potențialele beneficii ale dezvoltării unei asemenea alianțe. Cu toate acestea, o mînă de cercetători din ambele domenii au abordat, la început timid, biologia moleculară, și astfel a fost lansat termenul de „biofizică”. În primele stadii, biofizica era mai degrabă o tehnică de aplicare a cunoștințelor despre atomi și molecule în chestiuni legate de biologie, dar în curînd a devenit o parte importantă a geneticii moleculare.

Unul dintre cercetătorii influențați de Schrödinger și de opera acestuia a fost Maurice H. F. Wilkins (1916–), un biofizician britanic născut în Noua Zeelandă care a folosit studiile de difracție a razelor X pentru a examina structura moleculară a ADN-ului. Difracția razelor X, numită și cristalografie cu ajutorul razelor X, este un fenomen în care atomii regulat aranjați ai unei substanțe (în special într-o structură cristalină) difractă, adică împrăștie, razele X care pot fi apoi înregistrate pe o placă fotografică printr-o metodă oarecum asemănătoare cu cea care a dus la descoperirea razelor X de către Röntgen în 1895. Configurația liniilor spectrale de pe fotografie oferă informații importante referitoare la configurația atomilor acelei substanțe, care nu putea fi detectată în alt fel deoarece atomii erau prea mici și pînă de curînd nu puteau fi văzuți cu nici un tip de microscop. Wilkins s-a familiarizat cu fenomenul de difracție a razelor X prin intermediul spectrografului de masă cu care a lucrat în cei doi ani de activitate consacrată Proiectului Manhattan, în timpul celui de-al doilea război mondial. După ce s-a întors în Anglia, a folosit difracția razelor X, împreună cu o studentă cercetătoare pe nume Rosalind Franklin (1920–1958), pentru a fotografia fibrele compuse din ADN pur. Aceste fotografii au devenit o verigă crucială în lanțul evenimentelor care au dus în cele din urmă la descoperirea structurii moleculei de ADN.

La sfîrșitul anilor 1940, biologii moleculari știau că ADN-ul este molecula vieții, dar nu-i cunoșteau exact structura și prin urmare nici felul în care își îndeplinea funcțiunile sau cum se duplică. Totuși, sosise momentul stabilirii unei convergențe între activitatea din genetică și noile

cunoștințe dobândite în chimia nucleelor celulare. Această convergență avea să dezvăluie secretul moleculei. Aplicând și altor domenii ale cunoașterii informațiile proaspăt descoperite în biofizică, doi oameni au urmărit cu înverșunare ADN-ul în speranța că îi vor smulge secretul înainte să-l descopere alții. Această căutare inspirată și de o importanță hotărâtoare s-a finalizat cu unul dintre momentele magnifice ale științei și istoriei.

Crick și Watson se întâlnesc și încep să colaboreze

O carieră bazată pe testul bîrfei

Născut în Northampton, Anglia, Francis Harry Compton Crick (1916–) a fost cel mai mare fiu al unei familii din clasa mijlocie. Tatăl său, Harry Crick, împreună cu un frate de-al lui, era proprietarul unei fabrici de încălțăminte înființată de tatăl lor în Northampton, un oraș al manufacturilor de încălțăminte. Încă de la o vîrstă fragedă, Francis și-a manifestat interesul față de subiectele științifice, astfel încît la vîrsta de opt ani părinții lui i-au cumpărat un set complet din *Enciclopedia Copiilor* de Arthur Mee, excedați de insistența cu care copilul lor continua să le pună întrebări despre univers. „Am citit-o pe toată cu lăcomie“, va scrie Crick mai tîrziu. „Știința mă atrăgea foarte mult. Cum era universul? Ce erau atomii? Cum creșteau ființele?“ Totuși, pe măsură ce se minuna de faptele relatate în enciclopedie, el a fost cuprins de o imensă teamă: „Pînă cresc eu mare, o să se descopere totul“. Cînd și-a mărturisit temerea mamei sale, ea a încercat să-l liniștească, fără să știe cît de profetice aveau să-i fie vorbele: „Vor rămîne destule lucruri de descoperit și pentru tine“. După cum avea să mărturisească mai tîrziu, Francis Crick nu s-a remarcat la școală prin precocitate și rezultate deosebite, dar era animat de aceeași curiozitate neobosită. Dorința lui de a afla răspunsurile la toate marile întrebări pe care și le pusese încă din copilărie, precum și capacitatea sa neobișnuită de a face raționamente și a-și argumenta logic punctul de vedere aveau să-i pecetluiască destinul.

După ce a absolvit University College din Londra în 1937 obținînd o licență în fizică, el s-a implicat într-o activitate de cercetare postuniversitară în hidrodinamică. Aceasta l-a făcut să aprecieze foarte mult metoda științifică și i-a inoculat ideea că există și alte discipline științifice la fel de promițătoare ca și fizica de la începutul secolului XX. În timpul celui de-al doilea război mondial a lucrat în Laboratorul de Cercetare al Amiralității, proiectînd mine acustice și magnetice. După război, la vîrsta de treizeci de ani, el și-a pus întrebarea: ce va face în restul vieții? Așa cum avea să scrie mai tîrziu, a ajuns la concluzia că „ceea ce te interesează cu adevărat este lucrul pe seama căruia îți place să bîrfești“. Și-a dat seama că nu pălăvrăgea despre fizică, ci despre recente descoperiri din biologie. Folosind această metodă neștiințifică pentru a-și determina viitorul

și avînd în vedere dorința sa de a se angaja în cercetarea fundamentală, Crick și-a redus aria intereselor „pînă la granița dintre viață și ne-viață”. Se referea la faptul că nimeni nu explicase încă pe deplin cum pot niște atomi lipsiți de viață să creeze viața și cum reușesc organismele să-și transmită caracteristicile urmașilor. Convins că testul bîrfei îl ajutase să-și descopere adevărata chemare, el a devenit unul dintre pușinii fizicieni curajoși de după război care s-a aventurat în domeniul biologiei.

În 1946, Crick s-a angajat la Strangeways Laboratory pentru a studia proprietățile fizice ale citoplasmei celulelor. După vreo doi ani a ajuns la concluzia că „cineva trebuie să descopere structura moleculară a genelor” pentru a înțelege viața și că „cel mai folositor lucru pe care l-ar putea face o genă ar fi să dirijeze sinteza unei proteine, probabil cu ajutorul unui intermediar ARN”. La vremea aceea, Crick a aflat că o unitate de cercetare dedicată studierii structurii proteinelor prin folosirea difracției razelor X era în curs de constituire la Laboratoarele Cavendish ale Universității din Cambridge, lăcașul multor altor descoperiri importante din fizică. În 1949, la vîrsta de treizeci și trei de ani, Francis Crick s-a transferat la acest laborator pentru a-și continua studiile postuniversitare și pentru a-și lărgi cunoștințele despre structura tridimensională a proteinelor, cu speranța că renumele acestui mare laborator de fizică ar putea să se extindă și în domeniul biologiei.

Între timp, James D. Watson (1928–) obținuse doctoratul la Universitatea din Indiana la numai douăzeci și doi de ani și primise o bursă guvernamentală ca să lucreze sub îndrumarea biochimistului Herman Kalckar la Copenhaga. Așa cum recunoaște el însuși, nutrea speranța vagă și ambițioasă că va descoperi secretul vieții. „Interesul meu pentru ADN izvorîse din dorința, resimțită în anii terminali de liceu, de a ști ce este o genă... Desigur, părea mult mai atrăgătoare perspectiva celebrității decît aceea de a deveni un profesor universitar scortos, incapabil să formuleze vreo idee îndrăzneată”. Printre cei mai proeminenți cercetători în domeniul difracției razelor X în ADN se numărau Maurice Wilkins, biofizicianul de origine neozeelandeză menționat anterior, și asistenta lui Wilkins, Rosalind Franklin, la nou înființata Facultate de Biofizică de la King's College din Londra. După ce a participat la o conferință a lui Maurice Wilkins, în primăvara anului 1951, Watson spune că „eram preocupat de unde aș putea să învăț cum să descifrez fotografiile obținute de pe urma experimentelor de difracție cu raze X”. Fără aprobarea Biroului pentru Burse de la Washington, D.C., el și-a părăsit postul universitar pentru a-și începe activitatea la laboratorul de la Cavendish, unde se studia cristalografia cu raze X și unde lucrase și Crick pînă în 1949.

Laboratoarele Cavendish erau conduse de fizicianul William Lawrence Bragg (1890–1971), care primise Premiul Nobel în 1915 pentru lucrarea sa asupra difracției razelor X. În această lucrare era formulată legea lui

Bragg, o ecuație care corelează lungimea de undă a razelor X și distanța dintre „planele” atomilor. La Cavendish se preconiza ca Watson să lucreze la determinarea structurii complexe a mioglobinei proteice, o moleculă din mușchi. Totuși, la fel ca Wilkins și Crick, Watson spera ca datorită difracției să poată descoperi configurația aparte a atomilor din molecula de ADN.

După spusele lui Robert Shapiro, în *Amprenta umană*, în momentul în care a sosit la Cambridge, Watson părea „un tânăr neadaptat la rigorile vieții sociale, îmbrăcat neîngrijit, agitat, ambițios și tipic american”. În toamna anului 1951, Francis Crick l-a cunoscut pe acest inteligent și impertinent cercetător. Curînd și-au dat seama că îi lega aceeași pasiune pentru macromolecula evazivului ADN, amîndoi fiind convinși că acesta era secretul vieții.

Între cei doi s-a statornicit o relație care avea să ducă curînd la cea de-a șaptea mare descoperire științifică din istorie. Crick scria mai tîrziu: „Jim și cu mine ne-am potrivit imediat, fie pentru că interesele noastre erau uimitor de comune, fie, cred, pentru că ne simțeam cuprinși de o anumită aroganță proprie tinereții, de cruzime și nerăbdare față de gîndirea greoaie a celorlalți. Jim era evident mult mai direct decît mine, dar ne asemănam ca gîndire.” Printr-o ironie a sorții, nici Crick, nici Watson nu se ocupau oficial de problema ADN-ului la Cavendish. „Încercam să scriu o teză despre difracția razelor X asupra polipeptidelor și proteinelor”, explica Crick, „în timp ce Jim venise chipurile la Cambridge pentru a... cristaliza mioglobina...”

Cercetarea se face în secret, după care devine o cursă pentru a-i întrece pe americani

Factorul Pauling

La început, Crick i-a spus lui Watson că descifrarea modelelor de difracție a fibrelor de ADN ar trebui lăsată în grija lui Maurice Wilkins și a lui Rosalind Franklin. Cu toate acestea, ei și-au pierdut răbdarea față de progresele mult prea lente ale acestui cuplu, situație care se datora în bună măsură faptului că cei doi nu se agreeau deloc. Prin urmare, Crick și Watson și-au asumat sarcina de a analiza aceste configurații. Dar nici Crick nu se înțelegea cu șeful său, William Lawrence Bragg. De asemenea, directorul lui Wilkins și al lui Franklin de la King's College l-a convins pe Bragg că Watson și Crick plagiau lucrările celor de la colegiu. Așadar, în toamna anului 1951, la scurt timp după ce Crick și Watson și-au început activitatea comună, Bragg le-a ordonat să-și înceteze cercetarea neoficială asupra secretului vieții și să revină la cercetările anoste pe care le aveau de fapt de făcut la Cavendish – proteine și mioglobină. În absența unor

argumente convingătoare și a unor rezultate concrete care să determine schimbarea hotărîrii lui Bragg, singura lor variantă era să-și urmeze obsesia în secret. Așa cum va explica mai târziu Watson în cartea sa, *Helixul dublu*, nu puteau să-i pună nici măcar întîmplător vreo întrebare lui Maurice Wilkins, pentru că „putea stîrni bănuiala că noi lucrăm din nou la chestia asta“. La început și-au limitat munca la unele discuții discrete purtate la masa de prînz. Totuși, curînd după aceea, așa cum a explicat Watson, el a început să-și petreacă zilele întunecate și friguroase învățînd mai multă chimie teoretică sau răsfoind publicații în speranța că ar putea să existe pe undeva vreun indiciu uitat cu privire la ADN.

Dar în luna ianuarie a anului 1952, pînă și această reminiscență secretă a proiectului ADN a fost pe cale să se destrame atunci cînd Biroul pentru Burse din Washington, D.C. i-a retras susținerea financiară lui Watson, cerîndu-i să se întoarcă imediat în Statele Unite, deoarece părăsise Copenhaga pentru a pleca la Cavendish. Spre a nu fi întrerupt din obstinată lui căutare, Watson a scris un răspuns arogant cum că el consideră orașul Cambridge ca fiind interesant din punct de vedere intelectual și că nu are de gînd să se întoarcă în Statele Unite.

Dar lucrul care le-a dat un imbold și mai puternic celor doi au fost zvonurile care veneau de la Californian Institute of Technology, unde renumitul biochimist și cel care avea să devină triplu laureat al Premiului Nobel, Linus Pauling, părea să fie foarte aproape de descoperirea structurii ADN-ului. Fiul lui Linus, Peter Pauling, care era student cercetător la Cavendish chiar în perioada în care Watson și Crick se aflau acolo, le sporea groaza de fiecare dată cînd îi informa – destul de des – în legătură cu progresele făcute de tatăl său în cercetările asupra ADN-ului. Dar la o oră târzie a unei nopți de iunie, în anul 1952, Watson a dezvoltat negativul unei radiografii pe care o făcuse unui material ADN. „În momentul în care am ridicat la lumină filmul încă ud“, relatează Watson, „am știut că secretul fusese dezvăluit. Urmele vizibile ale spiralei erau inconfundabile.“ Crick, fizicianul și expertul în difracția macromoleculară cu raze X, a depistat reflexia crucială „în mai puțin de zece secunde“, confirmînd bănuiala inițială a lui Watson că ADN-ul nu are o configurație lineară, ci elicoidală.

Cu toate acestea, pînă la sfîrșitul anului 1952 ei au rămas în același punct mort în care se găseau cu douăsprezece luni înainte pentru că încă nu aflaseră numărul de fibre existent în spirală, nici nu puteau să explice structura din punct de vedere chimic și molecular. Altfel spus, nu puteau explica cum și de ce componentele ADN-ului (coloana vertebrală și cele patru baze – adenina, guanina, citozina și timina) se îmbinau una cu alta. Așa că atunci cînd Peter Pauling a venit în laborator, într-o zi de decembrie anului 1958 și a anunțat că tatăl lui a determinat structura ADN-ului, inimile lor au tresărit. Se temeau că au pierdut cursa și că Premiul Nobel le-a scăpat printre degete. Dar pe măsură ce se scurgeau săptămîinile fără

ca Pauling și Cal Tech să le confirme știrea, Watson și Crick s-au gândit că era improbabil ca Pauling să fi descoperit adevărata structură a ADN-ului, mai ales că el nu avea acces la lucrările cu raze X efectuate de echipa Wilkins-Franklin de la King's College.

În cele din urmă, Peter le-a arătat lui Crick și Watson manuscrisul tatălui său și, spre marea lor ușurare, acolo era reprezentată o spirală cu *trei lanțuri*, cu o coloană de fosfat de zahăr în centru. Și ei cochetaseră timp de un an întreg cu ideea unei molecule cu trei lanțuri, fiind convinși că nu era corectă. „Tot ce știam“, își amintește Watson, „despre chimia acidului nucleic indica faptul că grupurile de fosfați nu conțin niciodată atomi de hidrogen legați. Și totuși, Linus, fără doar și poate cel mai perspicace chimist al lumii, ajunsese la o concluzie contrară... Încă nu eram scoși din joc.“

Totuși, ei știau că atunci când Pauling va deveni conștient de greșeală, își va continua munca într-un ritm mai accelerat, pentru a descoperi adevărata structură. Așadar, pentru prima oară de când Bragg le interzisesse să mai studieze ADN-ul, Crick și Watson și-au pledat cazul în fața lui – acum era imperativ să reia cercetarea ADN-ului și să muncească pe brânci pentru a-i putea învinge pe oamenii de știință de dincolo de Atlantic. Crick și Watson au estimat că mai au la dispoziție șase săptămâni înainte ca Pauling să-și dea seama de greșelile pe care le-a făcut în teoria sa cu trei lanțuri.

Razele X și mecanica cuantică au condus la răspunsul final

Nici o experiență și o machetă din lemn și metal

În acest scurt răgaz, primul lucru pe care îl aveau de făcut era să afle ultimele rezultate ale cercetărilor lui Maurice Wilkins și Rosalind Franklin de la King's College. Când Watson a pășit în biroul lui Wilkins în ianuarie 1953, a constatat cu stupefacție că Wilkins și Franklin puteau furniza nu numai cea mai clară dovadă a unei structuri spiralate, ci și parametrii vitali care i-ar fi permis lui Watson și Crick să fixeze la doi numărul de lanțuri din spirală. Deși aceste radiografii fuseseră făcute cu un an în urmă, Wilkins și Franklin nu și-au dat seama de importanța lor și au fost incapabili să descifreze configurațiile spiralate care le erau atât de clare lui Watson și Crick. Așa cum a mărturisit Watson, „În momentul în care am văzut fotografia, am rămas cu gura căscată și pulsul mi-a luat-o razna“.

Watson s-a întors în grabă la Cavendish și a început să construiască o machetă cu două lanțuri. „Obiectele biologice importante există în perechi“, a observat el. Când a aflat de rezultatele vizitei lui Watson la King's College, Bragg l-a încurajat în cursa lui contra lui Pauling, în timp ce Crick continua să fie foarte precaut deoarece încă nu reintrase complet

în grațiile lui Bragg. Cei doi au rătăcit pe numeroase drumuri înfundate în următoarele câteva săptămîni, pînă cînd cristalograful american Jerry Donahue i-a convins de valabilitatea unui anumit argument din mecanica cuantică cu privire la legarea hidrogenului, iar adenina se împerechează doar cu timina și guanina doar cu citozina (bazată pe Proporțiile Chargaff) orientîndu-i în direcția teoretică corectă. La sfîrșitul lunii februarie a anului 1953, a doua zi după ce au vorbit cu Donahue, Watson și-a dat seama deodată că „o pereche de adenină-timină ținută laolaltă de două legături de hidrogen are o formă identică cu aceea a perechii de guanină-citozină”. Această legare și împerechere a rezolvat restul problemei cu care se confruntau, pentru că explica cele două tipuri de bază de perechi care erau identice ca formă, deci structura de spirală dublă era formată din unghiuri și axe de rotație uniforme. Aceasta a fost revelația crucială care le-a permis să finalizeze calculele matematice și să înceapă construcția unei machete din lemn și metal.

Pare de necrezut, dar de-a lungul celor optsprezece luni de colaborare comună (din toamna anului 1951 pînă în luna martie 1953) Crick și Watson nu efectuaseră niciodată experiențe pentru a determina structura moleculei de ADN. Ei au întreprins cercetări limitate în domenii legate de căutările lor asupra spiralei duble, cum ar fi împerecherea bazei chimice, și au făcut radiografii ale virusului mozaic al tutunului, dar nici o experiență pe structura ADN-ului. Cei doi cercetători s-au angajat doar în discuții teoretice asupra subiectului și au construit machete. Reflectînd asupra perioadei relativ scurte de timp pe care au afectat-o în cele din urmă descoperirii acestei structuri, Crick a declarat:

La un moment dat, către sfîrșitul anului 1951, am început să construim tot mai multe machete, dar după aceea și mie mi s-a interzis... să continuu, deoarece eram încă stagiar. Timp de aproximativ o săptămînă-două, în vara anului 1952, am făcut experiențe pentru a vedea dacă pot găsi dovezi pentru bazele care se împerecheau în soluție... Atacul final [din februarie și martie 1953]... a durat doar câteva săptămîni. Abia la o lună și ceva după ce ne-au apărut lucrările în revista *Nature*.

Primul articol dintr-o serie de patru a apărut în *Nature* pe data de 25 aprilie 1953, descriind structura ADN-ului și explicînd că acesta *controlează producerea proteinelor*, după cum bănuise Crick încă din 1948. Aspectele esențiale ale spiralei duble, așa cum au fost ele descrise în articole, sînt prezentate mai jos – cele două lanțuri spiralate, care se înfășoară anti-paralel cu coloana de fosfat de zahăr în afară și bazele (adenină, timină, guanină și citozină) în interior. Din cauza unghiurilor în care elementele chimice

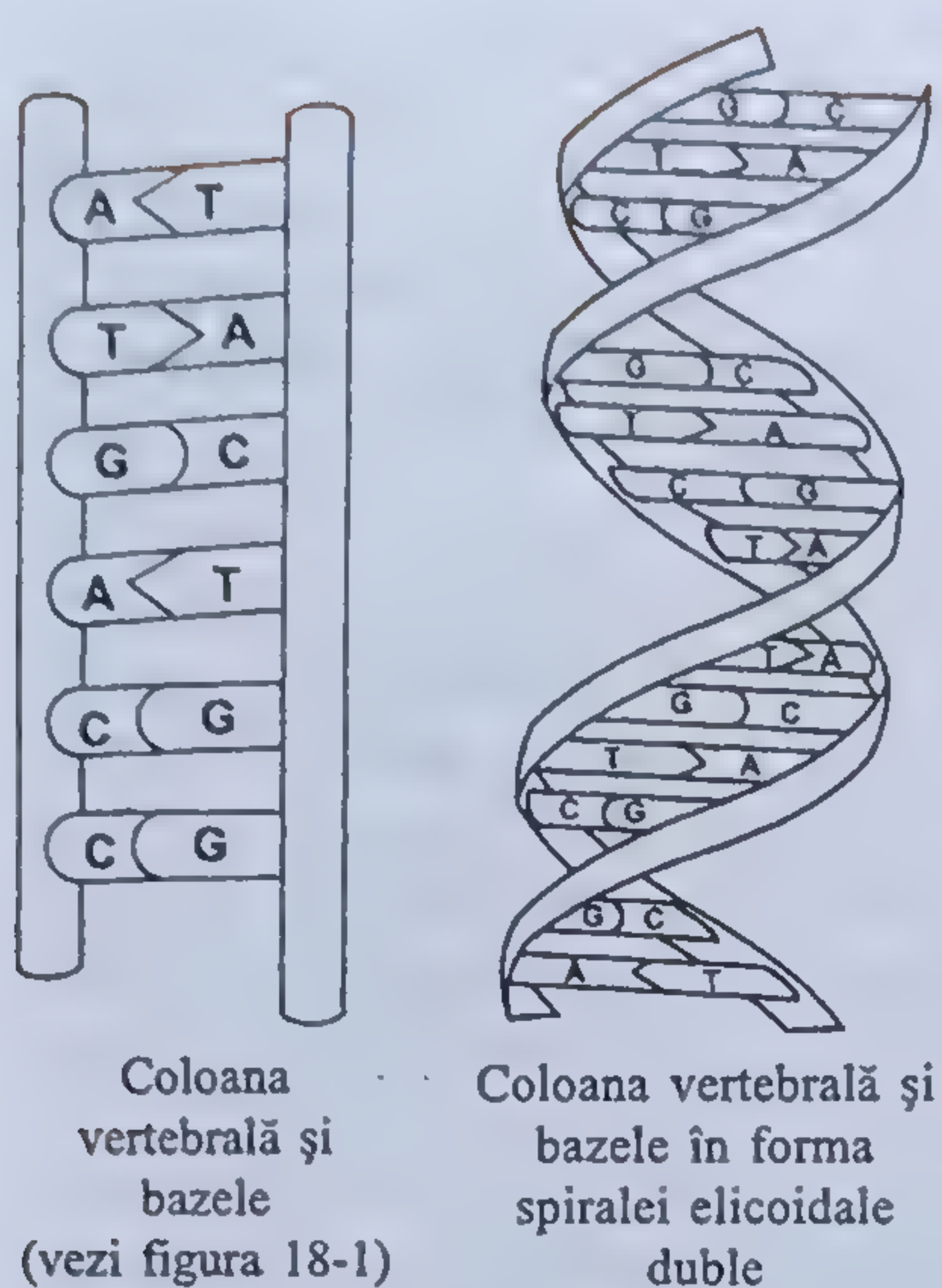


Figura 18-2. Spirala elicoidală dublă

ale ADN-ului se leagă unul de altul, toate moleculele de ADN constau din două fibre paralele răsucite, asemenea balustradelor unei scări în spirală – de unde și expresia care a devenit imediat celebră în cazul descoperirii lui Crick-Watson: *spirala elicoidală dublă*.

Figura 18-2 este pur și simplu acidul arătat în figura 18-1, *plus imaginea lui în oglindă*. De remarcat că adenina se împerechează doar cu timina, iar guanina cu citozina din cauza atracției lor chimice diferite, adică a legăturilor de hidrogen. Aceasta este cea mai clară demonstrație că biologia și fizica sînt nevoite să-și unească forțele (și să devină biofizică) pentru a înțelege structura ADN-ului.

Bazele împerecheate sînt „stivuite”, așa cum se arată în figura 18-2. Miliarde de baze stivuite se configurează în forme discoidale care alcătuiesc fiecare cromozom al fiecărei celule a oricărei ființe vii. În stadiul de interfază (analizat în capitolul 16), atunci cînd celulele nu se divizează, materialul ADN (cromatina) plutește prin nucleu ca o spirală dublă, dar fără a fi organizat în cromozomi. Cînd celulele primesc un semnal în interfază și încep să se dividă, acel ADN se condensează și se unifică în structuri pe care le recunoaștem în profază sub formă de cromozomi (așa cum s-a arătat în capitolul 16, în figura 16-3).

Înțelegerea ADN-ului

ADN produce ARN, care produce proteinele

Ca și în cazul altor mari descoperiri, structura și funcționarea ADN-ului pot fi clar înțelese pe o bază conceptuală în absența unor cunoștințe aprofundate cu privire la fizica și chimia moleculei, unghiurile sau difracția care erau atît de importante pentru Crick și Watson. Faptul că molecula ADN este o spirală elicoidală *dublă* și că se *replică* este adesea subliniat în discuțiile despre ADN, în timp ce rolul său primar nu este foarte bine explicat, nici cunoscut corespunzător. Pentru a înțelege ADN-ul trebuie să ne edificăm în privința proprietății funcției care se replică. Ce face mai exact ADN-ul? *Controlează proiectarea, structura și funcționarea întregului organism prin dirijarea producerii proteinelor*. Poate fi precis replicat în

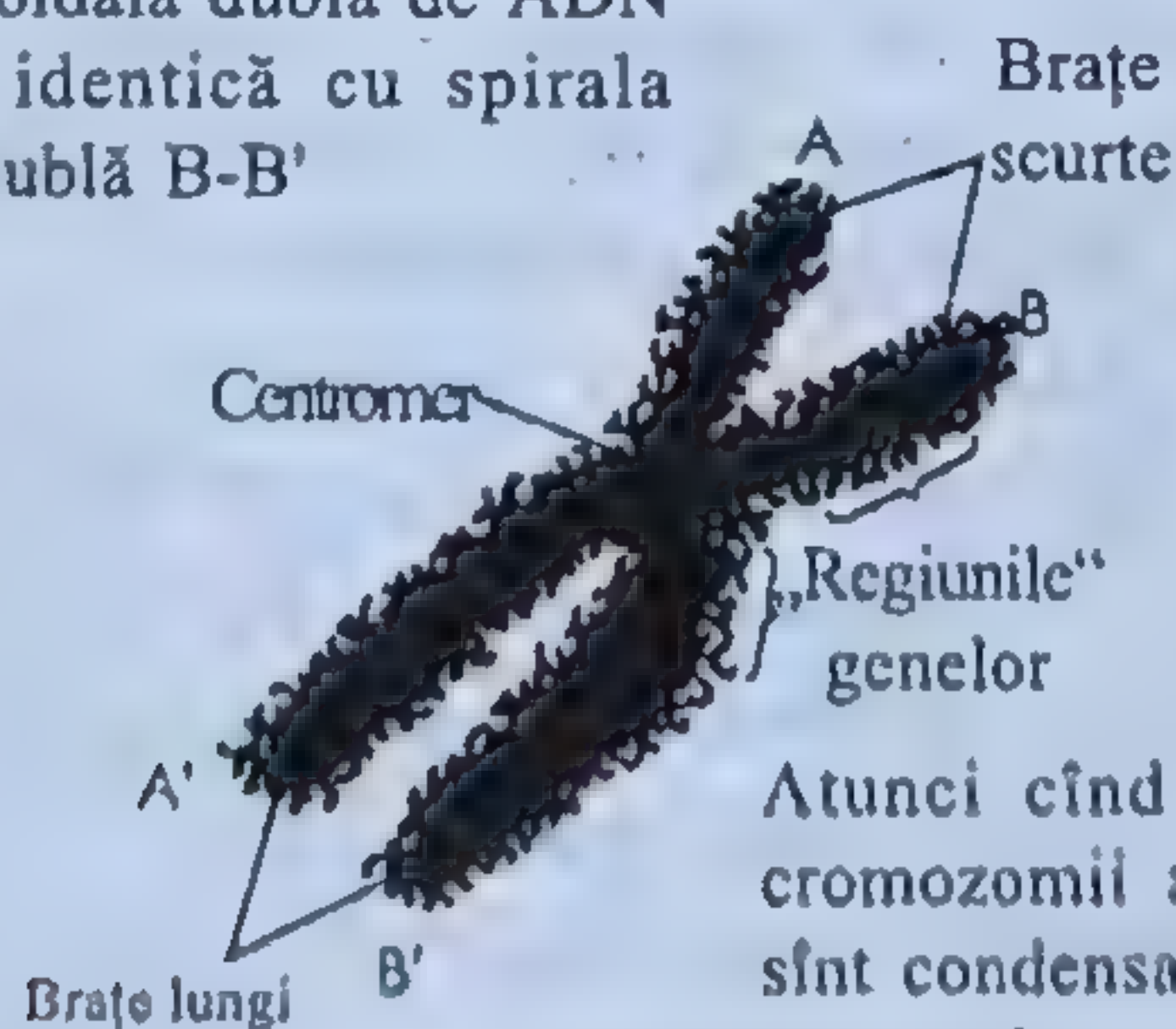
așa fel încît fiecare nouă celulă să fie identică cu originalul. Această funcție de producere a proteinelor și capacitatea de a se replica sînt de asemenea aplicabile în cazul unei bacterii, al unui protozoar sau al unei celule din plămînul sau ficatul uman.

Proteinele sînt alcătuite doar din aminoacizi (alții decît acizii nucleici care compun ADN-ul și ARN-ul). Aminoacizii sînt construiți în jurul a patru legături din atomul de carbon. Aceasta înseamnă că elementul carbon are valența 4, cu alte cuvinte că are patru electroni neîmperecheați în stratul său exterior, ceea ce îi permite să formeze astfel de legături și îl face să fie cel mai important atom și element chimic din biologie. Deși există doar 20 de varietăți de aminoacizi, repetițiile lungi ale secvențelor multiple permit zeci de mii de combinații ale aminoacizilor într-o mare varietate de proteine. De fapt, există vreo 50 000 de tipuri diferite de proteine în fiecare din corpurile noastre, iar majoritatea acestor tipuri sînt atributul unic al speciei umane. Aceiași 20 de aminoacizi din cele 50 000 de combinații diferite sînt legați în lanțuri lungi, înfășurate asupra lor însele.

Cînd aminoacizii se unesc pentru a forma proteine, ei joacă rolul de cărămizi constitutive ale vieții. Proteinele nu sînt pur și simplu o substanță utilă pe care o obținem din carne și alte tipuri de hrană, ci molecule complexe care manifestă o gamă extraordinară de proprietăți și funcțiuni în calitatea lor de componente ale elementelor structurale, precum colagenul (care menține laolaltă organele), hormonii, purtătorii oxigenului și anticorpii (care circulă prin sînge pentru a ne proteja de infecții), fiind totodată și enzime esențiale (care declanșează reacții și transformări chimice în întreg organismul) și catalizatori în însăși molecula de ADN. În privința complexității și răspîndirii proteinelor în toate celulele, inclusiv în cromozomi, nu este surprinzător că Phoebus Levene și alți biochimiști au fost mulți ani convinși că genele sînt alcătuite mai curînd din proteine decît din ADN.

Figura 18-3 ilustrează faptul că genele sînt compuse din ADN care se

Spirala elicoidală dublă de ADN
A-A' este identică cu spirala
elicoidală dublă B-B'



Atunci cînd este replicat ADN-ul din nucleul celulei, cromozomii aflați la sfîrșitul metafazei (vezi Figura 16-3) sînt condensați și uniți în centromer, gata să se separe și să se transforme în două noi celule, împreună cu celelalte 22 de perechi de cromozomi din nucleu.

Figura 18-3. Diagrama cromozomului uman nr. 12 obținută cu micrograful electronic

organizează în cromozomi în nucleul celular. Celulele roșii nu au cromozomi și fiecare celulă a ovulului sau a spermei are 23 de cromozomi. În afară de aceste excepții, nucleul fiecărei celule umane conține 46 de cromozomi – respectiv 22 de perechi aproape identice de cromozomi, plus cromozomii XY masculini și cromozomii XX feminini. Genele specifice localizate în cromozomul Y sînt necesare pentru „masculinitate”. Fiecare cromozom uman constă dintr-o spirală elicoidală dublă cu un număr mediu de aproximativ 100 de milioane de nucleotide (diferite secvențe ale bazelor A, C, G, și T) pe fiecare fibră.

Acum putem da un răspuns complet la întrebarea de mai înainte: Ce este o genă? *Este o regiune de ADN care controlează o caracteristică ereditară specifică, precum culoarea părului, înălțimea, forma nasului și mii de alte trăsături. Secvența specifică a bazelor (A, C, G, T) care alcătuiesc gena corespunde de obicei unei singure proteine sau ARN-ului complementar. „Genă” înseamnă o unitate funcțională întreagă, inclusiv ambele secvențe de ADN ce formează codul proteinei și secvențele ADN care „reglementează” procesul, dar nu formează codul proteinei.* Fiecare cromozom este un lanț sau o bandă de mii de gene legate una de alta în zona terminală. Genomul uman (structura genetică a oricărei ființe umane) este alcătuit din aproximativ 100 000 de gene, adică 100 000 de serii specifice de secvențe din trei litere. Genele specifice sînt localizate în „regiuni” specifice pe fiecare din cei 46 de cromozomi umani.

Fiecare bandă de ADN este de circa 600 000 de ori mai lungă decît lată. Dacă ar fi puse cap la cap, ar avea o *lungime de aproape un metru*. Cînd nucleul, celula și cromozomul se divid, fiecare bandă servește ca șablon pentru formarea unei benzi noi în fiecare din noile celule din cauza structurii și a împerecherii bazelor descoperite de Crick și Watson. Aceasta explică al doilea aspect major al ADN-ului, acela pe care noi îl asociem de obicei cu spirala elicoidală dublă: capacitatea sa de a se replica. Cu alte cuvinte, cînd ADN-ul se replică în interiorul fiecărei celule care suferă procesul de diviziune celulară (ce are loc de mii de ori în fiecare secundă în corpurile noastre), se replică și capacitatea sa de a controla funcțiunile celulei și ale corpului prin dirijarea producerii proteinelor.

Aceasta ne duce din nou la principala funcție a ADN-ului: producerea de proteine. Pentru că prețioasele gene au evoluat în așa fel încît sînt protejate în nucleul celular (așa cum s-a arătat în figura 16-1), trebuie să se realizeze copii de lucru ale genelor, capabile să părăsească nucleul și să dirijeze producerea proteinelor în alte părți ale celulei. Astfel, este nevoie de un tip de „amprentă” genetică. Acea amprentă este făcută de către alt acid nucleic, ARN-ul, care e alcătuit din A, C, G și uracil în loc de timină. Polimeraza ARN este acea enzimă care are capacitatea de a rupe ADN-ul chiar pe mijlocul „treptelor”. Cu alte cuvinte, ea „desface” bazele chiar în mijloc – în legăturile lor de hidrogen – și transformă

Tabelul 18-4

Codurile genetice care specifică aminoacizii

<i>triplet</i> ADN	<i>triplet</i> ARN	<i>aminoacid</i>	<i>triplet</i> ADN	<i>triplet</i> ARN	<i>aminoacid</i>
AAA	UUU	fenilalanină (1)	ACA	UGU	cisteină (10)
AAG	UUC		ACG	UGC	
AAT	UUA	leucină (2)	ACC	UGG	triptofan (11)
AAC	UUG		ATA	UAU	tirozină (12)
GAA	CUU		ATG	UAC	
GAG	CUC		GCA	CGU	arginină (13)
GAT	CUA		GCG	CGC	
GAC	CUG		GCT	CGA	
			GCC	CCG	
AGA	UCU	serină (3)	TCT	AGA	histidină (14)
AGG	UCC		TCC	AGG	
AGT	UCA		GTA	CAU	glutamină (15)
AGC	UCG		GTG	CAC	
TCA	AGU		GTT	CAA	asparagină (16)
TCG	AGC		GTC	CAG	
GGA	CCU	prolină (4)	TTA	AAU	lizină (17)
GGG	CCC		TTG	AAC	
GGT	CCA		TTT	AAA	glicină (18)
GGC	CCG		TTC	AAG	
TAA	AUU	izoleucină (5)	CCA	GGU	acid aspartic (19)
TAG	AUC		CCG	GGC	
TAT	AUA		CCT	GGA	
			CCC	GGG	acid glutamic (20)
TAC	AUG	methionină (6)	CTA	GAU	
TGA	ACU	threonină (7)	CTG	GAC	(terminație: sfârșitul specificației)
TGG	ACC		CTT	GAA	
TGT	ACA		CTC	GAG	
TGC	ACG		ATT	UAA	
CAA	GUU	valină (8)	ATC	UAG	
GAG	GUC		ACT	UGA	
CAT	GUA				
CAC	GUG				
CGA	GCU	alanină (9)			
CGG	GCC				
CGT	GCA				
CGC	GCG				

spirala dublă în spirale simple cu „jumătățile de trepte“ expuse, rupînd legăturile dintre cele două fibre care leagă A cu T și C cu G.

Așa cum vom discuta mai amănunțit în capitolul 19, o secvență din trei dintre cele patru perechi de baze, numită „codon“, este necesară pentru a forma un „cuvînt“ care reprezintă un anumit aminoacid, așa cum se arată în tabelul 18-4. Deoarece aminoacizii trebuie să se unească unul cu altul pentru a forma proteina, secvențele acestor „codoni“ din trei litere, împreună cu benzile de ADN dictează proteinele care sînt unice în fiecare din noi.

- Una sau mai multe secvențe ale bazelor, formate din trei litere (fiecare numită „codon“) duc la crearea fiecăruia din cei 20 de aminoacizi.
- Aminoacizii se combină într-o ordine specifică pentru a forma 50 000 de tipuri diferite de proteine din corpul uman. Fiecare astfel de combinație a „codonilor“ constituie o genă.
- Toate cele 100 000 de gene umane sînt configurate în 46 de cromozomi umani localizați în fiecare nucleu din fiecare celulă – cu excepția globulelor roșii. Ele ajung în această formă ușor de recunoscut (așa cum se arată în figura 18-3) în timpul diviziunii celulare.

În formarea acestor coduri, polimeraza-ARN se mișcă de-a lungul moleculei de ADN, desfăcînd-o și permițînd moleculelor de ARN – care sînt libere în nucleu (și au aceleași secvențe de baze) să se lege și să se grupeze de-a lungul punctelor A, C, G, și T, acum expuse, ale benzilor originare ale ADN-ului. De fapt, ARN-ul formează o transcriere exactă a ADN-ului (exceptînd uracilul care se combină cu adenina în locul timinei). Această copie se numește ARN-mesager (vezi figura 18-5).

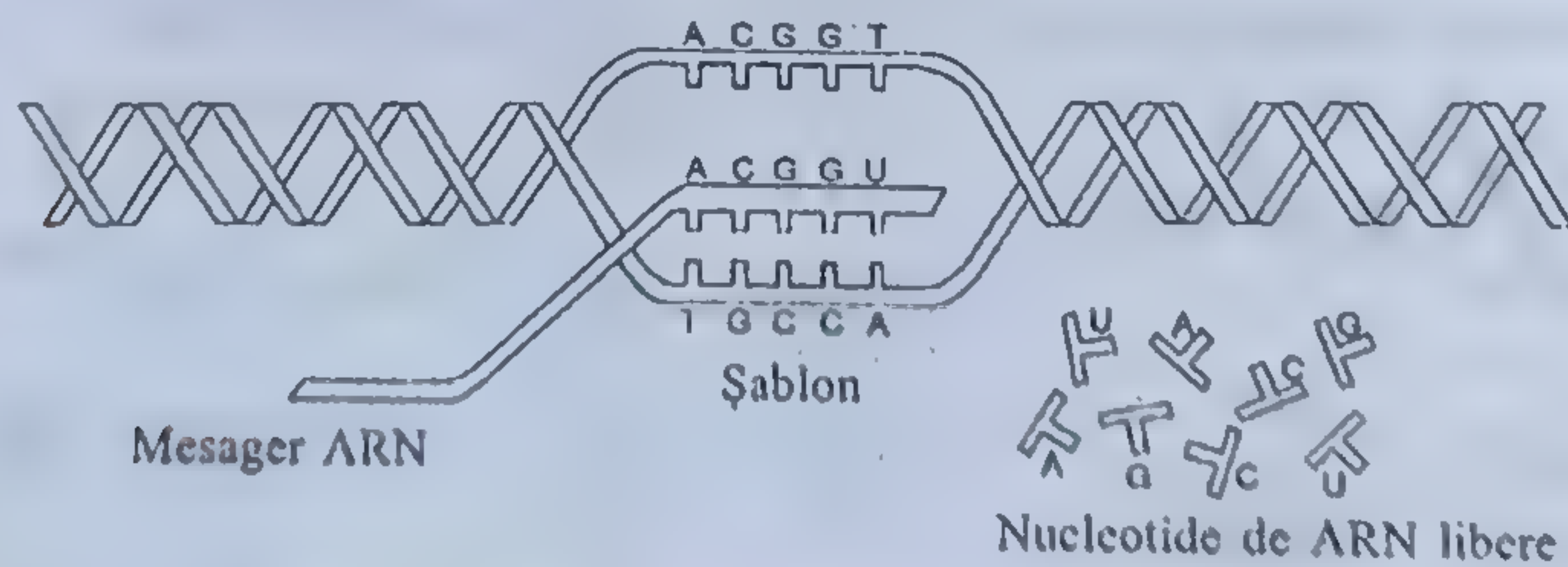


Figura 18-5. Formarea mesagerului ARN

Cînd polimeraza-ARN ajunge la „semnul stop“, adică la sfîrșitul fiecărei gene, ea intră în declin, laolaltă cu noul ARN-mesager, care pornește în afara nucleului o dată cu unul din numeroșii ribozomi din celulă. Ribozomul citește mesajul ARN-ului (scris în acele cuvinte formate din trei litere) și, în conformitate cu secvența specifică bazelor din codon, assemblează o serie de aminoacizi din rezerva care plutește liber în interiorul celulei.

spirala dublă în spirale simple cu „jumătățile de trepte“ expuse, rupînd legăturile dintre cele două fibre care leagă A cu T și C cu G.

Așa cum vom discuta mai amănunțit în capitolul 19, o secvență din trei dintre cele patru perechi de baze, numită „codon“, este necesară pentru a forma un „cuvînt“ care reprezintă un anumit aminoacid, așa cum se arată în tabelul 18-4. Deoarece aminoacizii trebuie să se unească unul cu altul pentru a forma proteina, secvențele acestor „codoni“ din trei litere, împreună cu benzile de ADN dictează proteinele care sînt unice în fiecare din noi.

- Una sau mai multe secvențe ale bazelor, formate din trei litere (fiecare numită „codon“) duc la crearea fiecăruia din cei 20 de aminoacizi.
- Aminoacizii se combină într-o ordine specifică pentru a forma 50 000 de tipuri diferite de proteine din corpul uman. Fiecare astfel de combinație a „codonilor“ constituie o genă.
- Toate cele 100 000 de gene umane sînt configurate în 46 de cromozomi umani localizați în fiecare nucleu din fiecare celulă – cu excepția globulelor roșii. Ele ajung în această formă ușor de recunoscut (așa cum se arată în figura 18-3) în timpul diviziunii celulare.

În formarea acestor coduri, polimeraza-ARN se mișcă de-a lungul moleculei de ADN, desfăcînd-o și permițînd moleculelor de ARN – care sînt libere în nucleu (și au aceleași secvențe de baze) să se lege și să se grupeze de-a lungul punctelor A, C, G, și T, acum expuse, ale benzilor originare ale ADN-ului. De fapt, ARN-ul formează o transcriere exactă a ADN-ului (exceptînd uracilul care se combină cu adenina în locul timinei). Această copie se numește ARN-mesager (vezi figura 18-5).

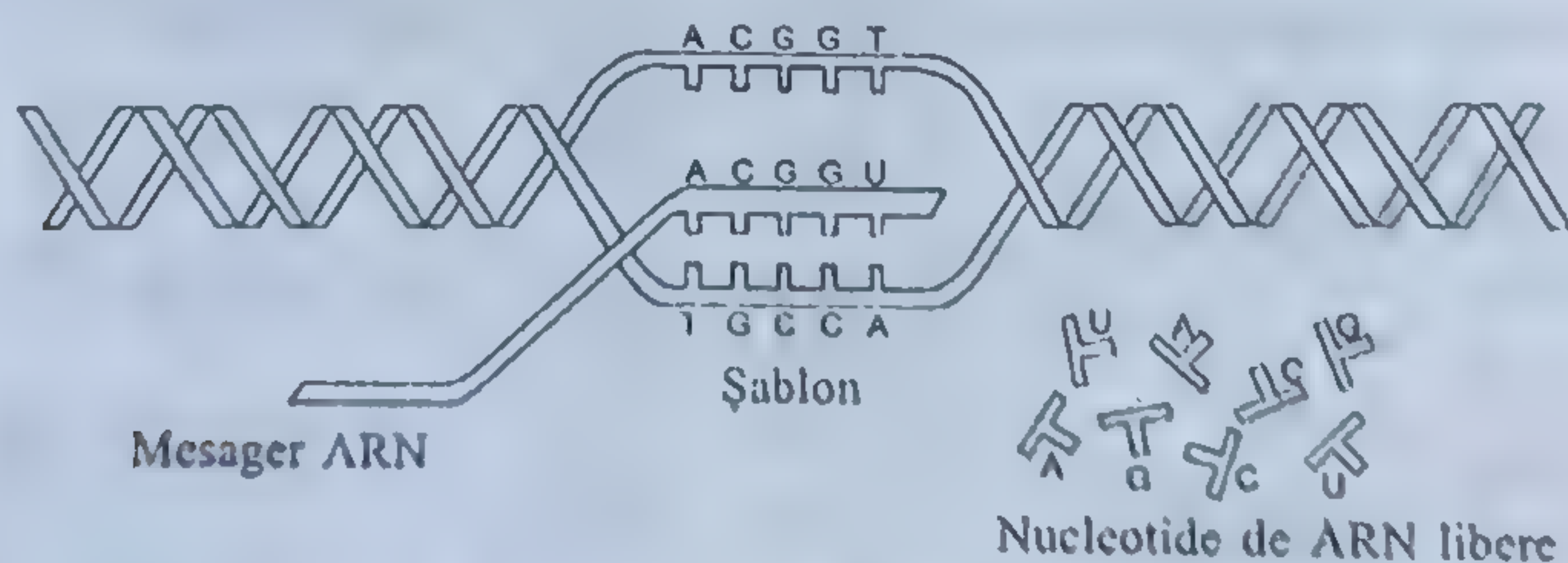


Figura 18-5. Formarea mesagerului ARN

Cînd polimeraza-ARN ajunge la „semnul stop“, adică la sfîrșitul fiecărei gene, ea intră în declin, laolaltă cu noul ARN-mesager, care pornește în afara nucleului o dată cu unul din numeroșii ribozomi din celulă. Ribozomul citește mesajul ARN-ului (scris în acele cuvinte formate din trei litere) și, în conformitate cu secvența specifică bazelor din codon, assemblează o serie de aminoacizi din rezerva care plutește liber în interiorul celulei.

Această acțiune creează „de la zero” o proteină specifică „descrișă” în limbajul codificat inițial de secvența bazelor din trei litere ale ADN-ului care au rămas în nucleul celular. Fiecare astfel de nouă proteină reflectă o mică porțiune din fibrele lungi de ADN care conțin toate codurile din trei litere pentru mii de proteine diferite.

În aceeași manieră în care polimeraza-ARN se apropie de perechile de baze expuse G-G și A-T ale ADN-ului pentru a crea ARN-mesager, ribozomul se alipește de ARN-mesager pentru a crea o proteină. Acesta este felul în care se formează, pas cu pas, fiecare proteină vitală din corpurile noastre. Chiar în acest moment, mii de ribozomi din fiecare celulă a corpului nostru realizează milioane de reacții care ajută aminoacizii clasificați în tabelul 18-4 să se lege în aproximativ 2000 de noi molecule proteice în fiecare secundă. Când fiecare proteină își părăsește ribozomul și iese din celulă la suprafață, ea are o formă deosebită, înfășurată și răsucită, determinată de legarea chimică a aminoacizilor din care este compusă. Această formă și configurație chimică le oferă posibilitatea celor 50 000 de feluri diferite de proteine să-și îndeplinească funcțiile specifice în corp.

Acum am ajuns la punctul culminant al înțelegerii esenței eredității. *Cîtă vreme acizii nucleici (ADN-ul și ARN-ul) dirijează producerea proteinelor, iar secvența proteică este unică pentru fiecare persoană, ADN-ul este cel care controlează, în cele din urmă, toate caracteristicile ereditare.* Fiecare cod de trei litere comandă asamblarea unui anumit aminoacid în proteine la insecte, șoareci și oameni (vezi tabelul 18-4). Totuși, fiecare ființă este diferită, iar fiecare persoană este unică din cauza ordinii deosebite sau a succesiunii celor trei codoni. Cu alte cuvinte, secvențele de cod care determină formarea părului la șoarece sînt similare, dar nu identice cu cele care formează părul de pe capul omului. Similar, secvențele de cod care determină formarea părului pe două capete umane se aseamănă mai mult una cu alta decît cu cele de la șoarece, dar nu sînt identice. Aceasta este cheia înțelegerii materialului ereditar și funcțiunea ADN-ului, precum și motivul pentru care specialiștii în biologie moleculară au adoptat drept „dogmă centrală” expresia: „ADN-ul produce ARN-ul, care produce proteinele”.

Crick i-a atribuit lui Watson descoperirea care a dus la înțelegerea structurii moleculei, și anume împerecherea adeninei cu timina și a guaninei cu citozina. Pe de altă parte, Watson a recunoscut meritul lui Crick de a fi înțeles importanța Proporțiilor lui Chargaff (proporțiile relative ale bazelor), precum și importanța forțelor precise din moleculă datorită cărora asemănarea atrage altă asemănare. Altfel spus, Crick a identificat modelul pentru *replicarea* genelor în timpul diviziunii celulare. După cum afirma James Watson, „Francis a intuit că replicarea ADN-ului presupunea forțe de atracție specifice între suprafețele plane ale bazelor”.

Această acțiune creează „de la zero“ o proteină specifică „descrisă“ în limbajul codificat inițial de secvența bazelor din trei litere ale ADN-ului care au rămas în nucleul celular. Fiecare astfel de nouă proteină reflectă o mică porțiune din fibrele lungi de ADN care conțin toate codurile din trei litere pentru mii de proteine diferite.

În aceeași manieră în care polimeraza-ARN se apropie de perechile de baze expuse G-G și A-T ale ADN-ului pentru a crea ARN-mesager, ribozomul se alipește de ARN-mesager pentru a crea o proteină. Acesta este felul în care se formează, pas cu pas, fiecare proteină vitală din corpurile noastre. Chiar în acest moment, mii de ribozomi din fiecare celulă a corpului nostru realizează milioane de reacții care ajută aminoacizii clasificați în tabelul 18-4 să se lege în aproximativ 2000 de noi molecule proteice în fiecare secundă. Când fiecare proteină își părăsește ribozomul și iese din celulă la suprafață, ea are o formă deosebită, înfășurată și răsucită, determinată de legarea chimică a aminoacizilor din care este compusă. Această formă și configurație chimică le oferă posibilitatea celor 50 000 de feluri diferite de proteine să-și îndeplinească funcțiile specifice în corp.

Acum am ajuns la punctul culminant al înțelegerii esenței eredității. *Cîtă vreme acizii nucleici (ADN-ul și ARN-ul) dirijează producerea proteinelor, iar secvența proteică este unică pentru fiecare persoană, ADN-ul este cel care controlează, în cele din urmă, toate caracteristicile ereditare.* Fiecare cod de trei litere comandă asamblarea unui anumit aminoacid în proteine la insecte, șoareci și oameni (vezi tabelul 18-4). Totuși, fiecare ființă este diferită, iar fiecare persoană este unică din cauza ordinii deosebite sau a succesiunii celor trei codoni. Cu alte cuvinte, secvențele de cod care determină formarea părului la șoarece sînt similare, dar nu identice cu cele care formează părul de pe capul omului. Similar, secvențele de cod care determină formarea părului pe două capete umane se aseamănă mai mult una cu alta decît cu cele de la șoarece, dar nu sînt identice. Aceasta este cheia înțelegerii materialului ereditar și funcțiunea ADN-ului, precum și motivul pentru care specialiștii în biologie moleculară au adoptat drept „dogmă centrală“ expresia: „ADN-ul produce ARN-ul, care produce proteinele“.

Crick i-a atribuit lui Watson descoperirea care a dus la înțelegerea structurii moleculei, și anume împerecherea adeninei cu timina și a guaninei cu citozina. Pe de altă parte, Watson a recunoscut meritul lui Crick de a fi înțeles importanța Proporțiilor lui Chargaff (proporțiile relative ale bazelor), precum și importanța forțelor precise din moleculă datorită cărora asemănarea atrage altă asemănare. Altfel spus, Crick a identificat modelul pentru replicarea genelor în timpul diviziunii celulare. După cum afirma James Watson, „Francis a intuit că replicarea ADN-ului presupunea forțe de atracție specifice între suprafețele plane ale bazelor“.

Astfel, în primul articol din *Nature* (despre felul în care ADN-ul controlează producerea de proteine), Crick și Watson au emis această concluzie științifică: „Nu a scăpat atenției noastre faptul că împerecherea specifică pe care am postulat-o imediat sugerează un posibil mecanism de copiere pentru materialul genetic“. La cinci săptămîni de la apariția aceluia prim articol, Crick și Watson au publicat un al doilea material în *Nature*, de data aceasta despre capacitatea moleculei de a replica materialul genetic.

După cîțiva ani buni, Crick a scris că ideile necesare înțelegerii complete a structurii ADN-ului:

...sînt ridicol de simple, pentru că nu agresează bunul-simț... Cred că simplitatea acizilor nucleici are o motivație întemeiată. Probabil că aceștia sînt la fel de vechi ca și viața... La vremea aceea mecanismele trebuia să fie foarte simple, pentru că altfel viața nu ar fi putut să apară. Spirala elicoidală dublă este fără doar și poate o moleculă remarcabilă. Omul modern are probabil 50 000 de ani. Dar ADN-ul și ARN-ul există de cel puțin cîteva miliarde de ani... Totuși, noi sîntem singurele creaturi de pe Pămînt care am devenit conștienți de existența lor.

Descoperirea lui Crick și Watson a reprezentat încununarea a optzeci de ani de cercetări efectuate de zeci de oameni de știință. În timpul asocierii lor vreme de optsprezece luni pentru a ajunge la soluția finală, Crick și Watson au urcat o scară alcătuită din treizeci-patruzeci de trepte distincte, unele dintre ele false, fiecare dintre acestea derivînd sau bazîndu-se pe un fapt sau o teorie științifică existentă, fiecare putînd fi atribuită unui predecesor sau unui contemporan – oameni precum Bragg, Chargaff, Pauling, Donahue, Wilkins și Franklin.

Prezicerea îndrăzneată pe care James Watson a făcut-o la vîrsta de douăzeci și doi de ani, și anume că va descoperi secretul vieții, dorința lui Francis Crick de a detecta „granița dintre viață și ne-viață“, precum și previziunea mamei sale („Vor rămîne destule lucruri de descoperit și pentru tine“), toate acestea s-au împlinit în anul 1953. În 1962, Crick și Watson au împărțit Premiul Nobel cu Maurice Wilkins.

Capitolul 19

Genomul uman

„Pe parcursul numeroaselor experimente asupra materialului nostru genetic am putea descoperi că anumite selecții... funcționează mai bine decât altele... Un cuplu din viitor și-ar putea dori ca fiul lor să aibă două exemplare ale unei gene asociate cu talentul muzical și să înlăture una care îi conferă o susceptibilitate sporită la cancerul provocat de poluarea mediului.”

ROBERT SHAPIRO
Amprenta umană (1991)

Munca lui Crick și Watson a contribuit nemijlocit la înțelegerea faptului că este posibil să se citească și să se interpreteze planul genetic al oricărui organism, în ciuda faptului că întregul „text” al unei ființe umane are trei miliarde de caractere care alcătuiesc cele 100 000 de gene. Această înțelegere a culminat cu capacitatea noastră actuală de a descifra aranjamentul genetic exact al ființelor umane, care poartă în el promisiunea prevenirii bolilor și alte îmbunătățiri aduse condiției umane.

Cunoașterea structurii duce la citirea codului

O altă fotografie a Lunii

Așa cum am văzut în capitolul 18, o genă își poartă informația printr-un „cod” sau o amprentă chimică furnizată de succesiunea nucleotidelor G-C și A-T care specifică producerea proteinelor. În 1954 (un an mai târziu după descoperirea lui Crick și Watson), George Gamow, cel care a elaborat teoria „picăturii nucleare” a atomului și a dat numele de „Big Bang” teoriei sale asupra universului aflat în expansiune, a avut o contribuție semnificativă și în domeniul geneticii. El a fost primul om care a propus conceptul de cod genetic „scris” în seturi de trei dintre cele patru baze, numite „triplete” ale nucleotidelor. Așa cum s-a văzut în capitolul 18, cele patru baze ale acizilor nucleici care constituie molecula de ADN formează coduri ce stabilesc care dintre cei 20 de aminoacizi care intră în componența oricărei proteine vor fi aliniați într-o ordine anumită. Folosind câte două litere în același timp (dintre A, C, G și T) s-ar obține doar 16 cuvinte. Dar dacă se folosesc *trei* din cele patru litere pot fi alcătuite 64 de „cuvinte”

sau combinații, ceea ce e mai mult decât suficient pentru dirijarea „construcției” celor 20 de aminoacizi care compun proteinele. Începînd cu prima celulă primordială, această funcție de „construcție” și acest limbaj simplu au evoluat ca rezultat al procesului selecției naturale descris în părțile V și VI.

În tabelul 18-4 este prezentată lista codurilor ADN pentru toți cei douăzeci de aminoacizi, inclusiv complementul ARN rezultat. La indivizii umani, organismul produce doisprezece aminoacizi (denumiți aminoacizi neesențiali), în timp ce restul de opt (aminoacizii esențiali) trebuie obținuți prin intermediul regimului alimentar. Aici se aplică din nou zicala „ADN-ul produce ARN-ul, care produce proteinele”. *Cu excepția cîtorva virusi, la toate ființele, secvența ADN din cuvinte de cîte trei litere este copiată de ARN, mesagerul genetic (printr-un proces numit transcriere) care dirijează sinteza sau „fabricarea” proteinelor (un proces numit translație).* Cei 20 de aminoacizi și codurile de trei litere specifice fiecăruia sînt aceleași la toate organismele vii, dar proteinele deosebite produse de aminoacizi diferă de la o specie la alta. Majoritatea tipurilor de proteine conțin aproximativ 100 de aminoacizi per moleculă proteică. În consecință, mai multe tipuri de aminoacizi apar în mod repetat în proteină. Acesta e motivul pentru care există aproximativ trei miliarde de caractere (A, C, G sau T) care cuprind cele 100 000 de gene. Fiecare celulă își „cunoaște” codul genetic, permițînd astfel unui organism pluricelular să funcționeze doar prin îndeplinirea *instrucțiunilor* cerute de *asamblarea* „proiectului”. Raportată la asamblarea unei piese de mobilier sau a unui motor funcțional care ar presupune, bunăoară, respectarea a cincizeci de instrucțiuni, „asamblarea” unui organism viu (prin milioane de instrucțiuni) se deosebește din punct de vedere cantitativ, dar sub aspect conceptual este aceeași.

Aproximativ într-un caz din zece miliarde se întîmplă ca „mașinăria” de replicare să facă o eroare atunci cînd se duplică o bază (A, C, G sau T), sărînd sau adăugînd o altă literă ori formînd codul cu o literă greșită. În asemenea cazuri se produc mutații care se transmit tuturor generațiilor viitoare, deoarece secvențele de ADN greșite sînt copiate la fel de exact precum cele corecte. Unele mutații sînt „tăcute” – adică nu afectează funcționarea proteinei create de gena care a suferit mutația. Așa cum s-a menționat în capitolul 17, în cazuri rare mutația va crea o genă cu o funcție îmbunătățită, care va duce la o schimbare treptată sau la o ameliorare a întregii specii prin procesul selecției naturale. În situații înecă și mai rar întîlnite, mutațiile determină modificări ale proteinelor cruciale, care cauzează dereglări ale organismului sau moartea acestuia.

După ce Crick și Watson au descoperit structura ADN-ului, în laboratoarele genetice de pe cuprinsul globului cercetătorii și-au intensificat activitatea în efortul de a-i citi instrucțiunile. În 1956, biochimistul britanic Vernon Ingram (1924 -) a descoperit că anemia provocată de celulele-seceră

(siclemia) este rezultatul unei mutații în secvența nucleotidelor care formează codul pentru un singur aminoacid (acidul glutamic) din proteina roșie numită hemoglobină care transportă oxigenul în celulele roșii ale sîngelui uman. Această descoperire a demonstrat legătura esențială dintre secvența de cod și funcțiunile corpului. Se știe acum că acolo unde „cuvîntul” nucleotidelor de trei litere ar fi trebuit să fie „G A G” (care este o parte a codului ADN-ARN pentru acidul glutamic, așa cum s-a arătat în tabelul 18-4), el este scris greșit „G T G”. Această mutație a unei gene, care rezultă din codul incorect pentru un aminoacid din proteinele hemoglobinei, schimbă suprafața acelor proteine care, la rîndul lor, își limitează capacitatea de a transporta oxigenul. Globulele roșii care conțin aceste molecule anormale de hemoglobină iau o formă anormală de „seceră”. Deficitul de oxigen care rezultă poate duce la afectarea organelor din corp, la vulnerabilitate la infecții și chiar la moarte. Anemia celulelor-seceră este cea mai frecventă boală genetică în rîndul populației de culoare neagră și afectează milioane de oameni din întreaga lume – totul din cauza unei minuscule greșeli de o literă din textul genetic.

Mutațiile mai pot avea loc și ca rezultat al legării corecte a genelor-cod de un loc „greșit” pe cromozom. Așa cum am văzut în capitolul 16, în timpul interfazei și în profaza diviziunii celulare, benzile lungi de ADN se răsucesc difuz prin nucleul celulei și încep să se condenseze în cromozomi. În acest stadiu pot fi recunoscute mai întîi genele – secvențe individuale de cod ca benzi discrete pe cromozomi. Fiecare genă se aliniază de fiecare dată pe același cromozom, în aceeași ordine. Totuși, în timpul replicării ADN-ului și al segregării cromozomiale, anumite gene despre care se presupune că s-ar alinia pe un cromozom sfîrșesc prin a se alinia în locul nepotrivit de pe cromozomul potrivit. Recunoscute la început de geneticianul Edward East, aceste mutații cromozomiale, la fel ca mutațiile din codurile individuale formate din trei litere, pot duce de asemenea la o sporire sau la o diminuare a șanselor de supraviețuire ale celulei sau organismului, jucînd astfel un rol crucial în procesul selecției naturale.

Cînd cercetările biochimistului englez Frederick Sanger (1918–) ne-au permis, în 1960, să începem determinarea secvențelor ARN-ului, a devenit teoretic posibilă înțelegerea vastei cantități de informații din ADN, și nu doar în exemple izolate. Aceasta a dus la creșterea interesului pentru decodificarea moleculei, astfel încît să putem cunoaște în final relația dintre fiecare genă și fiecare caracteristică a corpului, inclusiv a bolilor genetice. În 1975, Walter Gilbert (1932–), un biochimist de la Harvard, a fost primul care a aplicat un tratament chimic specific ADN-ului pentru a-l descompune în fragmente și pentru a recunoaște cît de folositor ar putea fi acest lucru în descifrarea planului genetic. În anul următor, bazîndu-se pe rezultatele lui Gilbert, Sanger și asistenții lui de la Laboratorul Cavendish din Cambridge au elaborat în mod independent „metoda

terminației de lanț“ pentru determinarea secvențelor ADN-ului. Au putut fi citite pînă la 300 de secvențe de baze într-o singură zi. Publicarea în revista *Nature* din 24 februarie 1977 a secvenței întregi a ADN-ului unui virus (denumit phi-X-174) a reprezentat primul genom ADN – adică prima analiză a întregului text genetic al unui organism. Prin această nouă metodă, Sanger a făcut teoretic posibilă descifrarea întregului „text“ care guvernează ereditatea oricărui organism viu, inclusiv cel omenesc. Totuși, din cauza complexității mult mai mari a ființei umane față de un virus (noi primim cîte trei miliarde de caractere de la fiecare părinte), mai rămînea destul de multă muncă de efectuat pentru transformarea acestei posibilități în realitate. În 1981 Sanger, Gilbert și Paul Berg, un pionier în domeniul clonării, au primit Premiul Nobel pentru Chimie pentru cercetările lor independente în legătură cu determinarea secvențelor ADN-ului.

În ciuda succeselor majore obținute de Ingram, Sanger, Gilbert și alții, efortul de a descifra codul genomului uman a rămas fragmentat pînă în 1989, la treizeci și șase de ani după ce Crick și Watson au expus macheta din lemn și metal pentru ADN. În acel an s-a depus un efort național concertat, similar ca amploare Proiectului Manhattan și proiectului spațial. Însuși James D. Watson s-a adresat oamenilor de știință din Washington, D.C. la o întrunire numită Genom I, care a marcat consensul specialiștilor în genetică moleculară asupra necesității de a-și canaliza eforturile în direcția citirii întregului text al genomului uman. Un astfel de „text“ ar conține istoria evoluției speciei umane. Cu un obiectiv care era la fel de clar și plin de inspirație ca și aselenizarea, a început Proiectul Genomului Uman.

Este lansat Proiectul Genomului Uman

Puncte de reper și hărți

Watson a continuat să cerceteze ADN-ul din 1953 pînă în 1989, împărțindu-și timpul între Harvard și Cool Spring Harbor Laboratory din New York din 1968 pînă în 1977. Francis Crick, pe de altă parte, s-a retras la Salk Institute din San Diego pentru a se concentra asupra noii sale pasiuni (provocate, fără îndoială, de „testul bîrfei“) – studiul creierului și natura conștiinței. În anul 1977, Watson începuse să lucreze la Cold Spring Harbor cu normă întreagă, în calitate de propriu șef și administrator, sporindu-și reputația academică și în deceniul următor (în plus, el strînsese fonduri care i-au permis creșterea anuală a bugetului de la 600 000 de dolari la 28 de milioane de dolari), ceea ce a condus la transformarea laboratorului fondat de el în cartierul general al Proiectului pentru Genomul Uman.

După reuniunea „Genom I“ din 1989, Congresul a alocat trei miliarde de dolari (200 de milioane pe an timp de 15 ani) pentru Proiectul Genomului

și l-a numit pe James Watson director al recent înființatului Centru Național pentru Cercetarea Genomului Uman, sub auspiciile Departamentului American al Sănătății. Proiectul a fost lansat pe data de 1 octombrie 1990. După incertitudinile inițiale în legătură cu finanțarea și alte chestiuni, acum se prevedea ca proiectul să fie finalizat în avans, înainte de anul 2005. Ne aflăm, așadar, în toiul acestui efort monumental de citire a tuturor mesajelor genetice care ne fac unici ca ființe umane.

Pînă în 1990, diferitele bănci de date din lume conțineau aproximativ 50 de milioane de caractere în legătură cu diferite molecule de ADN, dintre care aproximativ 10% se refereau la ADN-ul uman. Proiectul a contribuit în mare măsură la înțelegerea informațiilor acumulate în deceniul al nouălea și în organizarea datelor privind ADN-ului uman. Dări de seamă aproape săptămînale prezintă rezultatele curente ale proiectului, precum și descoperirile asupra genomului uman făcute în laboratoarele universitare și private. Prezintă în continuare o mică exemplificare a acestor progrese.

- *Decembrie 1989.* Oamenii de știință de la MIT (Massachusetts Institute of Technology) descoperă o genă pe care ei o consideră crucială în dezvoltarea sistemului defensiv imunitar al oamenilor, denumită gena „RAG-1” (gena de activare a recombinării). Descoperirea aruncă o nouă lumină asupra complexității sistemului imunitar, care este vitală pentru fiecare aspect al sănătății și dezvoltării organismului uman.
- *Mai 1991.* Doctorii de la Centrul de Copii Johns Hopkins din Baltimore determină cu precizie stadiul la care are loc o eroare într-un ovul nefertilizat ceea ce are drept consecință nașterea copilului cu un sindrom Down, cea mai obișnuită cauză genetică a retardării mintale. Prin analiza unui marker genetic specific denumit „polimorfism ADN”, ei determină originea unui alt cromozom și identifică secvența temporală în care diviziunea cromozomului este disfuncțională.
- *August 1991.* O cercetare realizată în colaborare de oameni de știință de la Facultatea de Medicină Johns Hopkins, Institutul Oncologic din Tokio și Universitatea Utah identifică gena care generează cancerul de colon. Gena este denumită „APC” (de la coli-polipoză adenomatoasă). Această descoperire va permite medicilor să detecteze o tumoare a colonului în cel mai timpuriu stadiu posibil.
- *Martie 1993.* Cercetătorii anunță că boala lui Huntington rezultă în urma unor „bîlbîieli genetice” neexplicate, a creșterii în dimensiuni a unei anumite gene a cromozomului-4, care adaugă benzi suplimentare ale aminoacidului glutamină la proteina pe care gena o codifică în mod normal.
- *August 1993.* Cercetătorii de la Centrul Medical al Universității Duke

anunță că oamenii născuți cu o variantă a unei gene numite APOe (de la „apolipoproteina E”) sînt mai expuși la boala lui Alzheimer pînă la vîrsta de 70 de ani decît cei care poartă alte versiuni ale aceleiași gene.

- *Iunie 1995*: O echipă de la Universitatea din Toronto anunță că o genă de pe cromozomul 14 este responsabilă de 80% din cazurile de apariție a bolii lui Alzheimer pe linie familială.
- *August 1995*. Cercetătorii de la Centrul Științific pentru Sănătate al Universității din Texas raportează că gena BRCA1 joacă un rol major în cancerul de sîn.
- *Decembrie 1995*. Oamenii de știință britanici anunță descoperirea unei a doua gene care are legătură cu cancerul la sîn, BRCA2.
- *Februarie 1996*. Savanții identifică gena care codifică o varietate de proteine de la suprafața celulei care călătorește către creier și contribuie la reglementarea greutății corporale și fac speculații cum că obezitatea ar rezulta dintr-o mutație apărută în această genă receptoare.
- *Martie 1996*. Cercetătorii de la Universitatea de Științe Medicale din Oregon anunță că celulele sănătoase de ficat transplantate într-un ficat bolnav produc enzima lipsă FAH (de la furnarylacetoacetat hidrolaza). Aceasta dă noi speranțe pentru terapia genetică orientată spre ficat, care ar reduce necesitatea transplanturilor de ficat.
- *Martie 1996*. Cercetătorii de la cinci centre medicale importante anunță că au descoperit gena care mărește factorul de risc în bolile de rinichi și alte disfuncționalități în legătură cu lupus. Versiunea defectuoasă a acestei gene codifică o proteină (numită receptor Fc) care este mai puțin eficientă în funcția sa imunitară decît o versiune normală a genei.
- *Aprilie 1996*. Specialiștii în biologie moleculară de la Seattle VA Medical Centre, de la Universitatea din Washington și de la Corporația Moleculară Darwin anunță că au descoperit gena umană răspunzătoare pentru simptomele îmbătrînirii. Ei prezic că, pe măsură ce vom înțelege mai bine cum acționează această genă, vom avea capacitatea de a opri procesul de îmbătrînire și vom putea modifica implicarea acestei gene în apariția bolilor de inimă, cancer și osteoporoză.

Cercetătorii angrenați în Proiectul Genomului Uman publică periodic o „hartă” a genomului uman. Ei au localizat exact poziția a aproximativ 15 000 din totalul de 300 000 de marcaje existente de-a lungul fibrelor de material ADN care cuprind cromozomii umani. Fiecare dintre aceste descoperiri ale genelor enumerate mai sus dă informații despre localizarea unui cromozom specific. Așa cum s-a stabilit, gena defectuoasă care provoacă boala lui Huntington este localizată pe cromozomul 4. În noiembrie 1996, cercetătorii

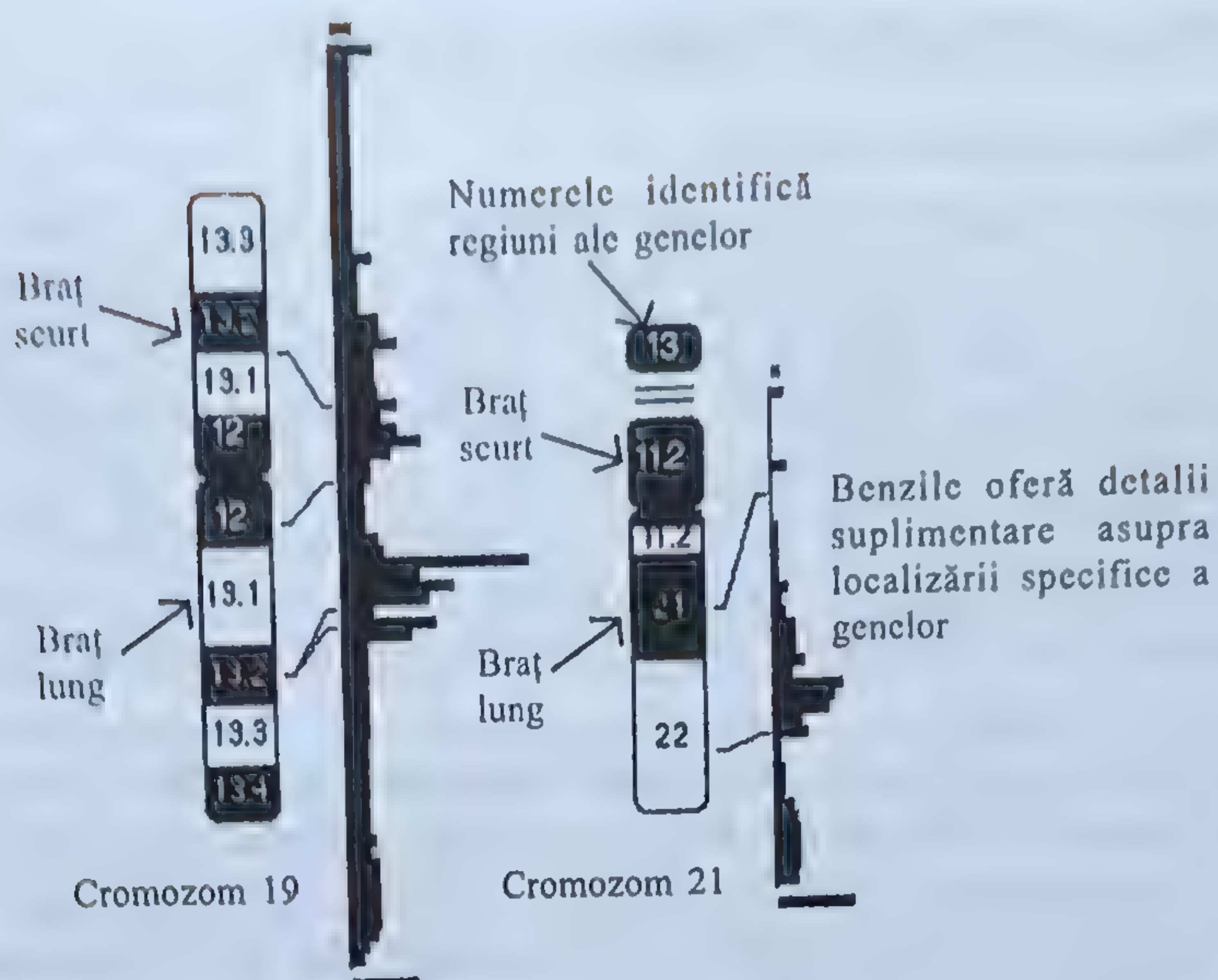


Figura 19-1. Harta genomică a cromozomilor umani 19 și 21

de la Institutul Național de Sănătate au descoperit de asemenea locul asociat bolii Parkinson pe cromozomul 4. Ateroscleroza (boala arterei coronariene) este asociată cu o genă de pe cromozomul 19, iar boala lui Lou Gehrig (scleroza laterală amiotrofică) este rezultatul unei deficiențe într-o proteină codificată de o genă de pe cromozomul 21. Figura 19-1 reprezintă o „hartă” genomică a tuturor „regiunilor” genelor de pe cromozomii umani 19 și 21, cu brațul scurt în partea de sus și brațul lung la bază (vezi figura 18-3). Numerele reprezintă un sistem universal care le oferă oamenilor de știință posibilitatea să localizeze aceste regiuni pe fibrele de ADN atunci când acestea se contractă în cromozomi. Barele negre din stînga ale fiecărui cromozom ilustrează „benzile” obținute de la un colorant special folosit pentru a indica suprafețele generale de pe un cromozom în care sînt localizate genele specifice. Unele dintre aceste benzi conțin mii de gene.

„Harta Transcripției Umane” este publicată de Institutul Național de Sănătate. Într-adevăr, pe pagina-home a NIH de pe Internet se face o trecere în revistă a cromozomilor pentru a ilustra totalitatea eforturilor curente ale oamenilor de știință în cartografierea genomului uman. Așa cum s-a menționat în capitolul 18, cei 46 de cromozomi umani au o medie de aproximativ 100 de milioane de nucleotide. Dar ei sînt numerotați în funcție de mărime – cromozomul nr. 1 conține aproximativ 280 de milioane de nucleotide, în timp ce cromozomul 22 are aproximativ 52 de milioane. Cromozomii de sex (X și Y) nu au fost incluși în procesul de numerotare. Cromozomul X este aproximativ de mărime medie și cromozomul Y se numără printre cei mai mici.

Proiectul naște speranță, teamă și controverse

Povestea a două nuclee

Bolile provocate de mutații genetice sînt o cauză majoră a neputinței, morții și tragediei umane în toată lumea: 2% din toți copiii nou-născuți suferă de aceste defecte genetice. 40-50% din avorturile spontane sînt provocate de anomalii cromozomiale. Aproximativ 40% din mortalitatea infantilă se datorează bolilor genetice. 30% dintre copii și 10% dintre adulți sînt internați în spital la un moment dat din viața lor din cauza dereglărilor genetice. Formele de cancer sînt rezultatul unor serii de „erori” genetice care determină pierderea controlului asupra creșterii celulei. Proiectul Genomului Uman a fost conceput și continuă să fie condus în primul rînd cu speranța vindecării și reducerii unor astfel de boli. Recentele succese obținute în cercetarea genetică demonstrează că asemenea expectații sînt îndreptățite și confirmă aplicarea practică a acestei activități.

Totuși, proiectul a stîrnit și adversități. La fel ca și disputa care a urmat după ce fizicienii au reușit să controleze puterea nucleului atomic, descifrarea secretelor nucleului celular a provocat o controversă care a rămas celebră: codul genetic este acum înțeles în așa fel încît reproiectarea genomului uman și divizarea instrucțiunilor sale sînt posibile într-un viitor apropiat. Mulți oameni văd un mare potențial în aplicarea acestor cunoștințe pentru tratarea bolilor și îmbunătățirea condiției umane, în timp ce alții se opun violent ingineriei genetice și terapiei genetice pornind de la considerente etice și științifice. Într-adevăr, în octombrie 1993, Robert Stillman, un specialist în domeniul fertilității de la Centrul Medical al Universității George Washington, a clonat embrioni umani folosind metoda comună pentru reproducerea animală. A fost un experiment de laborator efectuat independent de sarcină, dar s-a demonstrat posibilitatea ca gemenii să poată fi „creați” și născuți la diferențe de mai mulți ani. Acest lucru a generat grave chestiuni de ordin etic și legal.

Unii oameni se tem că nu se va trage linie sub aplicațiile cu privire la vindecarea bolilor și că se va încerca obținerea prin inginerie genetică a unor „oameni perfecți” sau cu o sănătate mai bună, cu o înfățișare fizică mai plăcută sau cu un coeficient de inteligență sporit. Cine va lua o asemenea decizie? Un număr mare de activiști, filozofi, oameni de știință și lideri religioși au semnalat pericolul trecerii de la vindecarea bolii lui Huntington și a cancerului la corectarea unor aspecte referitoare la toleranța rasială și culoarea pielii, existînd chiar riscul de a provoca dispariția speciei umane prin manipularea necorespunzătoare a fondului genetic și modificarea cursului natural al evoluției.

În urmă cu cîțiva ani, un grup alcătuit din personalități din diverse

domenii, printre care Pat Robertson, Jerry Falwell, laureați ai Premiului Nobel, George Wald, douăzeci și unu de episcopi romano-catolici și mai mulți lideri protestanți și evrei au scris un articol în care declarau că știința și societatea nu ar trebui să încerce corectarea anumitor caracteristici ale genomului uman. Ei și-au fondat părerea în primul rînd pe ideea că nici o persoană, grup sau instituție nu ar putea vreodată să-și aroge dreptul sau autoritatea „de a lua hotărîri în numele populației umane actuale sau în numele viitoarelor generații”. Printr-o asociere între nucleul atomului și acela al celulei, rezoluția acestui grup includea și afirmația conform căreia „Societatea ar trebui să se opună manipulărilor genetice umane cu același curaj și convingere cu care ia atitudine împotriva pericolului unui dezastru nuclear”.

Cei care au susținut continuarea pionieratului în genetică subliniază că știința eredității datează din timpuri preistorice și că dirijarea și controlul trăsăturilor progeniturilor se aplică de secole în creșterea plantelor și animalelor. Ei subliniază numărul crescînd al aplicațiilor practice ale cercetării genetice și perspectivele generoase ale folosirii geneticii în vindecarea bolilor organismului omenesc. Corectarea erorii ADN-ului în ceea ce privește acidul glutamic din hemoglobină ar putea vindeca anemia provocată de celulele-seceră (siclemia). Similar, alte boli potențial vindecabile generate de anomaliiile genetice sînt: cancerul, nanismul, bolile de inimă, boala Tay-Sachs, fibroza chistică, accidentul cerebral, fisurarea vălului palatin și retardarea mentală.

Rescrierea mesajului genetic din spermă sau ovul nu este doar o posibilitate teoretică, mărind șansele de prevenire a hemofiliei și a altor boli ale nou-născuților sau părinților afectați. În ianuarie 1996, un băiat sănătos s-a născut dintr-un cuplu chinez la New York. Nașterea a fost remarcabilă deoarece copilul fusese diagnosticat cu alfa-talasemie încă în stadiul de fetus, un defect genetic fatal care apare predominant la thailandezi și la chinezi și se manifestă prin incapacitatea fătului de a produce hemoglobina care transportă oxigenul la globulele roșii. Acest defect duce de obicei la expulzarea fătului în primele patru luni de la concepție, dar copilul respectiv a supraviețuit deoarece i s-au făcut transplanturi de celule în măduva spinării în timp ce era încă în *uterul* mamei.

Aplicînd forța intelectuală umană și metodele științei, vom profita oare de ocaziile de a ne ameliora capacitățile de supraviețuire, de a ne prelungi viața și de a fi mai sănătoși? Aplicațiile extinse ale ingineriei genetice, precum și embriologia experimentală, clonarea și transplanturile promit să fie noua frontieră a dezvoltării biologiei și medicinei din secolul XXI. Cert este că vor apărea și alte controverse.

Unicitatea codului are aplicații practice

Dovezile din cazul O.J. Simpson

Pe lângă țelurile pe care și le-a propus Proiectul Genomului Uman, analiza și modificarea ADN-ului au o mulțime de impacturi pozitive asupra vieții noastre. Un exemplu este menționat în capitolul 16, și anume cercetarea realizată de unele companii medicale cu scopul de a determina ADN-ul specific al noilor varietăți de bacterii responsabile de provocarea tuberculozei. În plus, deoarece codul genetic care guvernează întreaga viață sub toate formele sale este identic la toate speciile, iar noi putem citi acum acel cod pentru a simula producerea proteinelor, în ultimii douăzeci de ani a apărut o întreagă industrie – biotehnologia. Secvențele de instrucțiuni alcătuite din trei litere care formează o genă dintr-un organism (cum ar fi o plantă) pot fi plasate în alt organism (bacteriile sînt un exemplu concludent) și apoi pot fi citite și urmate de acel alt organism. În consecință, au fost create bacterii modificate genetic care sînt acum folosite de companiile biotehnologice pentru a produce hormoni de creștere umani. Înțelegerea dogmei centrale (ADN-ul produce ARN-ul, care produce proteina) a făcut posibilă asistarea corpului în crearea de molecule proteice esențiale și în situații în care, în mod normal, nu ar fi reușit să o facă.

Amgen Inc. a fost fondat în 1980 ca promotor al revoluției biotehnologice și acum există pe piață două dintre cele mai vîndute produse ale acestei industrii, Epogen și Neupogen. Epogenul este o versiune modificată genetic a proteinei numită eritropoietină (EPO), care stimulează producerea de globule roșii în măduva spinării. Medicamentul este folosit în primul rînd pentru pacienții tratați prin dializă care suferă de anemie cronică în urma incapacității rinichilor de a produce în mod natural cantități suficiente de EPO. Anual, mai mult de 175 000 de pacienți numai din Statele Unite ale Americii folosesc Epogen pentru a combate anemia și a reduce nevoia de transfuzii de sînge.

Neupogenul, alt medicament foarte important al companiei Amgen, stimulează neutrofilele, leucocitele care luptă cu infecțiile corpului. Acest lucru este posibil deoarece, întocmai ca Epogenul, el este o proteină modificată genetic, identică celor produse natural care stimulează neutrofilele. Neupogenul este administrat bolnavilor de cancer ale căror neutrofile naturale au fost distruse prin chimioterapie. Acest medicament nu numai că apără organismul de infecții, dar permite totodată pacienților să tolereze chimioterapia în doze mai mari și pe perioade mai lungi de timp, ceea ce diversifică opțiunile de tratament și mărește șansele de supraviețuire. Amgen mai are 12 medicamente legate de ADN și de proteine, aflate în faza de testare clinică. De exemplu, în luna martie a anului 1996, Amgen a raportat că un medicament numit GDNF ameliorează substanțial starea maimuțelor cu simptome ale bolii Parkinson.

La fel ca Amgen, și alte companii continuă să-și lege strâns existența și viitorul de viabilitatea pe termen lung a medicamentelor lor bazate pe biologie moleculară. Millenium Pharmaceuticals, Inc., o firmă biotehnologică fondată în 1993, a alocat 180 de milioane de dolari pentru cercetare și contracte de licență în efortul de a identifica genele care favorizează apariția aterosclerozei, obezității, diabetului și astmului. În 1996, Monsanto Company a primit un brevet pentru o clasă de gene utilizate în agricultură pentru combaterea insectelor dăunătoare. Mycogen Corporation și Ciba-Geigy Corporation comercializează produse similare, ceea ce a dat naștere unor litigii în legătură cu producerea acestei gene, dat fiind că, potrivit estimărilor, valoarea de piață pentru această genă (dintr-un organism numit *Bacillus thuringiensis*) se va cifra la miliarde de dolari în următorii ani.

Avînd în vedere cunoștințele curente despre codul genetic, ne putem întreba ce dovezi a avut poliția din Los Angeles în privința acuzatului O.J. Simpson la procesul din 1995 și de ce a devenit ADN-ul o metodă mai precisă decît amprentele digitale pentru determinarea identității unei persoane? Aceste întrebări ne duc înapoi la punctul discutat în capitolul 18 – anume că secvențele G-C și A-T sînt diferite pentru fiecare organism viu. Deși există doar aceste patru litere în alfabetul ADN, ordinea specifică a seriilor lungi de propoziții, paragrafe și volume ce conțin „povestea genetică” a fiecăruia dintre noi este unică. O dată cu nou-dobîndita capacitate de a desluși această poveste, ea a devenit o probă redutabilă în identificarea criminalilor care lasă ADN în urma lor sub formă de sînge, lichid seminal, fire de păr sau fragmente de piele. Astfel, folosindu-se de mărturia experților, acuzarea din cazul O.J. Simpson a folosit ca dovezi incriminatorii secvențele unice de ADN ale domnului Simpson din sîngele găsit la locul crimei, în automobilul său Ford Bronco și în alte locuri.

Începînd cu mijlocul anilor '80, specialiștii în biologie moleculară au elaborat diferite teste folosite pentru identificarea indivizilor nu numai în cazurile de crimă, ci și în situația persoanelor dispărute și a proceselor de paternitate. Altfel decît în tradiționalul test al părului care determină doar dacă părul găsit la locul unei crime are culoarea și caracteristicile de mărime identice cu ale suspectului, și spre deosebire de testul sîngelui și testele lichidului seminal care pot detecta un suspect cu o acuratețe de 90-95%, prin determinarea tipului de ADN se poate identifica cu o virtuală certitudine un suspect sau un alt individ practic. Statisticile privind acuratețea determinărilor de ADN evidențiază o gamă cuprinsă între 1 la 5 miliarde și 1 la 30 de miliarde. Întrucît acest grad de probabilitate depășește cu mult limita oricăror dubii rezonabile, proba ADN-ului nu i-ar permite inculpatului să respingă aceste dovezi, de exemplu punînd la îndoială modul de manipulare a probelor sau efectuarea corectă a testelor. Formulînd astfel de întrebări, se pare că avocații lui O.J. Simpson au

La fel ca Amgen, și alte companii continuă să-și lege strâns existența și viitorul de viabilitatea pe termen lung a medicamentelor lor bazate pe biologie moleculară. Millenium Pharmaceuticals, Inc., o firmă biotehnologică fondată în 1993, a alocat 180 de milioane de dolari pentru cercetare și contracte de licență în efortul de a identifica genele care favorizează apariția aterosclerozei, obezității, diabetului și astmului. În 1996, Monsanto Company a primit un brevet pentru o clasă de gene utilizate în agricultură pentru combaterea insectelor dăunătoare. Mycogen Corporation și Ciba-Geigy Corporation comercializează produse similare, ceea ce a dat naștere unor litigii în legătură cu producerea acestei gene, dat fiind că, potrivit estimărilor, valoarea de piață pentru această genă (dintr-un organism numit *Bacillus thuringiensis*) se va cifra la miliarde de dolari în următorii ani.

Avînd în vedere cunoștințele curente despre codul genetic, ne putem întreba ce dovezi a avut poliția din Los Angeles în privința acuzatului O.J. Simpson la procesul din 1995 și de ce a devenit ADN-ul o metodă mai precisă decît amprente digitale pentru determinarea identității unei persoane? Aceste întrebări ne duc înapoi la punctul discutat în capitolul 18 – anume că secvențele G-C și A-T sînt diferite pentru fiecare organism viu. Deși există doar aceste patru litere în alfabetul ADN, ordinea specifică a seriilor lungi de propoziții, paragrafe și volume ce conțin „povestea genetică” a fiecăruia dintre noi este unică. O dată cu nou-dobîndita capacitate de a desluși această poveste, ea a devenit o probă redutabilă în identificarea criminalilor care lasă ADN în urma lor sub formă de sînge, lichid seminal, fire de păr sau fragmente de piele. Astfel, folosindu-se de mărturia experților, acuzarea din cazul O.J. Simpson a folosit ca dovezi incriminatorii secvențele unice de ADN ale domnului Simpson din sîngele găsit la locul crimei, în automobilul său Ford Bronco și în alte locuri.

Începînd cu mijlocul anilor '80, specialiștii în biologie moleculară au elaborat diferite teste folosite pentru identificarea indivizilor nu numai în cazurile de crimă, ci și în situația persoanelor dispărute și a proceselor de paternitate. Altfel decît în tradiționalul test al părului care determină doar dacă părul găsit la locul unei crime are culoarea și caracteristicile de mărime identice cu ale suspectului, și spre deosebire de testul sîngelui și testele lichidului seminal care pot detecta un suspect cu o acuratețe de 90-95%, prin determinarea tipului de ADN se poate identifica cu o virtuală certitudine un suspect sau un alt individ practic. Statisticile privind acuratețea determinărilor de ADN evidențiază o gamă cuprinsă între 1 la 5 miliarde și 1 la 30 de miliarde. Întrucît acest grad de probabilitate depășește cu mult limita oricăror dubii rezonabile, proba ADN-ului nu i-ar permite inculpatului să respingă aceste dovezi, de exemplu punînd la îndoială modul de manipulare a probelor sau efectuarea corectă a testelor. Formulînd astfel de întrebări, se pare că avocații lui O.J. Simpson au

reușit să stîrnească dubii în privința dovezilor prezentate la proces. Începînd cu jumătatea anilor '80, determinările de ADN au fost unanim acceptate în comunitățile științifice și juridice, fiind folosite în mii de cazuri de crimă, violuri, jafuri și procese de paternitate.

Manipularea ADN-ului a însemnat, de asemenea, obținerea unor mari progrese în stomatologie. Parodontita este una dintre cauzele principale care duc la pierderea dinților. Datorită testelor ADN, bacteriile specifice pot fi identificate și eliminate prin terapie antibacteriană. Cheia acestui proces constă în purificarea ADN-ului țintă de mai mulți agenți patogeni bacterieni suspecti. Fibra de ADN este fragmentată, bucățile fiind marcate cu o etichetă radioactivă. Stomatologul ia apoi o mostră de peliculă de mucus de pe dinții pacientului și o trimite la laborator pentru analiză. Tehnicienii extrag ADN-ul bacterial din mostră și îl leagă de un filtru. ADN-urile similare provenite de la aceleași bacterii se vor uni atunci cînd li se va permite să se amestece. Mostrele de ADN din pelicula bacterială sînt amestecate cu fiecare dintre sondele ADN ale bacteriilor radioactive. Dacă specia de bacterii suspectată este prezentă în mostra de la pacient, sonda ADN se va lega de aceasta, momentul respectiv putînd fi vizualizat prin expunerea mostrei pe un film. ADN-ul radioactiv va lăsa o urmă pe hîrtie. Cu cît va fi mai mult ADN prezent în mostră, cu atît va fi mai întunecată pata. Bacteria prevalentă din mostra de peliculă poate fi identificată, așa încît se pot folosi antibioticele potrivite pentru a o elimina. Astfel, printr-un proces similar cu acela al identificării ADN-ului criminalilor, stomatologii pot elimina speciile bacteriene „vinovate”.

Cercetătorii geneticieni experimentează chiar o genă a bacteriei care produce o substanță similară poliesterului și care poate fi inserată într-o plantă de bumbac pentru a fabrica o fibră ce are structura bumbacului și „căldura” unei țesături mai grele. Bumbacul a fost deja modificat din punct de vedere genetic pentru a fi mai rezistent la insectele dăunătoare și este subiectul unor alte studii ce își propun obținerea unor țesături neșifonabile și care să nu mai intre la apă. ADN-ul bacterial este de asemenea folosit pentru producerea unor soiuri de roșii, cartofi, porumb și dovlecei care sînt crescute și consumate peste tot în lume și care rezistă la insecte, supraviețuiesc ierbicidelor și se coc mai încet decît soiurile normale.

Descoperirea structurii ADN-ului în 1953 a constituit închiderea cercului inițiat de sugestia subtilă și plină de forță a lui Darwin în *Originea speciilor*, cu nouăzeci și patru de ani în urmă: „Se va arunca multă lumină asupra originii omului și a istoriei lui”. Legînd originea și evoluția ființelor de descoperirea structurii ADN-ului, Francis Crick afirma:

Fiecare organism, fiecare celulă și toate moleculele mai mari sînt rezultatul unui lung și complicat proces care se întinde adesea pe mai

multe miliarde de ani... Ceea ce au descoperit biologii sînt *mecanisme*, mecanisme construite din componente chimice și care sînt adesea modificate de mecanisme ulterioare ce s-au adăugat celor timpurii... Natura nu putea construi decît pe baze deja existente...

Crick a fost uimit că în societatea noastră modernă atît de pușini oameni înțeleg selecția naturală. „Ei nu o înțeleg“, a conchis el, „pentru că procesul este foarte lent, astfel încît rareori avem o experiență directă a felului în care aceasta operează.“ După părerea lui, ar exista un contrast și o contradicție „între rezultatele superior organizate și complicate ale procesului – toate organismele vii pe care le vedem în jurul nostru – și caracterul întîmplător al aceluiași proces“. Crick a mai spus: „Anumitor oameni le displace și ideea că nu se pot face previziuni în privința selecției naturale... Mediul înconjurător este cel care imprimă direcția“.

O dată cu publicarea cărții *Originea speciilor* în 1859, Charles Darwin a făcut primul pas către deplina înțelegere a mecanismului intern fundamental care explică originea vieții și capacitatea organismelor de a se reproduce. Cîțiva ani mai tîrziu, Gregor Mendel atribuia ereditatea unor invizibili și necunoscuți „factori ereditari“ ai ființelor. După mai puțin de un secol, Crick și Watson au răspuns la întrebarea *Ce este o genă?*, cîștigîndu-și dreptul de a fi alăturați moștenirii lui Darwin și Mendel. Astăzi, Proiectul Genomului Uman dezvăluie incredibila poveste conținută în genele noastre.

Epilog

Sinteză

În lunga perioadă de o mie de ani a Evului Mediu, civilizația occidentală a fost prizoniera unui mod de gândire care era ostil rațiunii. Și n-ar fi scăpat de acea mentalitate dacă n-ar fi existat câțiva învățați europeni care au netezit drumul ce avea să ducă în cele din urmă la Renaștere. Progresul remarcabil al științei a început cu revoluția coperniciană și a continuat în secolul al XIX-lea, culminând cu grandiosul crescendo din secolul XX, cel mai rodnic secol din istoria științei.

În scurtul interval al ultimului secol, înțelegerea noastră cu privire la viață și la univers a căpătat noi dimensiuni. Asemenea unei fotografii developate într-o cameră obscură, imaginea a devenit mai clară și mai bine definită. S-au cristalizat ideile noastre despre lumea naturală. Această cunoaștere a fost înglobată în instituția științei și s-a extins asupra tuturor aspectelor vieții noastre cotidiene. Ea constituie piatra de temelie a uluitoarelor izbânzi tehnologice din secolul XX.

În acest epilog vom reflecta asupra celui mai incredibil secol, asupra instituției complexe numită știință și asupra uimitoarei sinteze a unor discipline cîndva diferite care astăzi caracterizează știința modernă. Ne vom referi atît la succesele, cît și la eșecurile științei, ca și la capacitatea limitată a oamenilor de știință de a determina sau controla cum se aplică știința și tehnologia în societate. Totodată, vom examina pe scurt importanța libertății de exprimare și valoarea gândirii raționale, fără de care existența științei nu ar fi posibilă.

Epilog

Sinteză

„Dintre toate darurile omului există unul care îl face unic printre celelalte animale... plăcerea lui imensă de a-și exersa și dezvolta însușirile... Descoperirea este o dublă relație între analiză și sinteză. Ca analiză, ea examinează... Ca sinteză, ea pune laolaltă părțile într-o formă prin care mintea creativă transcende structura simplă pe care o oferă natura.“

JACOB BRONOWSKI
Ascensiunea Omului (1961)

„În perspectivă istorică, diverse evenimente, descoperiri științifice, tendințe industriale și atitudini științifice care par să nu aibă nici o legătură unele cu altele pot fi observate cum evoluează... înainte de a se cristaliza într-un nou model... Este ca și cum ai privi o retortă în care se produce un cristal rar, cu o mulțime de fațete. La un moment dat, totul se află în suspensie... iar peste o clipă o formă apare ca din senin.

LOREN EISELEY
Secolul lui Darwin (1961)

Am intrat în secolul XX călare. Îl părăsim conducând nave spațiale. La începutul secolului XX se murea de tifos și de variolă, iar la sfârșitul lui aceste maladii aveau să fie învinse. La cumpăna dintre secolele al XIX-lea și al XX-lea, transplanturile de organe erau un lucru de neimaginat, în timp ce la finele acestui secol mulți oameni au supraviețuit datorită unei inimi sau unui alt organ vital donat. În 1900, speranța de viață era de 47 de ani. Astăzi este de 75 de ani. Am intrat în acest secol comunicând la distanțe scurte prin intermediul nou inventatului telegraf fără fir. Acum putem trimite în spațiu semnale și fotografii color la distanțe de miliarde de kilometri.

Am intrat în secolul XX fără să avem habar de dimensiunile universului, crezând că dincolo de Calea Lactee nu se mai află nimic și că stelele nu se mișcă. Am părăsit acest secol știind că ne aflăm pe o mică sferă din preajma unei stele aflată la periferia unei galaxii care se rotește printre alte miliarde de stele și galaxii, toate ivite în urma unei explozii violente care a avut loc în urmă cu 15 miliarde de ani.

Epilog

Sinteză

„Dintre toate darurile omului există unul care îl face unic printre celelalte animale... plăcerea lui imensă de a-și exersa și dezvolta însușirile... Descoperirea este o dublă relație între analiză și sinteză. Ca analiză, ea examinează... Ca sinteză, ea pune laolaltă părțile într-o formă prin care mintea creativă transcende structura simplă pe care o oferă natura.“

JACOB BRONOWSKI
Ascensiunea Omului (1961)

„În perspectivă istorică, diverse evenimente, descoperiri științifice, tendințe industriale și atitudini științifice care par să nu aibă nici o legătură unele cu altele pot fi observate cum evoluează... înainte de a se cristaliza într-un nou model... Este ca și cum ai privi o retortă în care se produce un cristal rar, cu o mulțime de fațete. La un moment dat, totul se află în suspensie... iar peste o clipă o formă apare ca din senin.

LOREN EISELEY
Secolul lui Darwin (1961)

Am intrat în secolul XX călare. Îl părăsim conducând nave spațiale. La începutul secolului XX se murea de tifos și de variolă, iar la sfârșitul lui aceste maladii aveau să fie învinse. La cumpăna dintre secolele al XIX-lea și al XX-lea, transplanturile de organe erau un lucru de neimaginat, în timp ce la finele acestui secol mulți oameni au supraviețuit datorită unei inimi sau unui alt organ vital donat. În 1900, speranța de viață era de 47 de ani. Astăzi este de 75 de ani. Am intrat în acest secol comunicând la distanțe scurte prin intermediul nou inventatului telegraf fără fir. Acum putem trimite în spațiu semnale și fotografii color la distanțe de miliarde de kilometri.

Am intrat în secolul XX fără să avem habar de dimensiunile universului, crezând că dincolo de Calea Lactee nu se mai află nimic și că stelele nu se mișcă. Am părăsit acest secol știind că ne aflăm pe o mică sferă din preajma unei stele aflată la periferia unei galaxii care se rotește printre alte miliarde de stele și galaxii, toate ivite în urma unei explozii violente care a avut loc în urmă cu 15 miliarde de ani.

Am intrat în secolul XX mulțumiți de fizica lui Newton și l-am părăsit știind că pentru a explica universul sînt necesare principiile lui Einstein. La începutul secolului XX abia începeam să explorăm atomul lui Leucip. Spre sfîrșitul lui am divizat cu o uluitoare abilitate atomul în particule – o armă nucleară poate elibera o forță distructivă mai mare decît energia însumată a tuturor armelor din toate bătăliile din istoria omenirii.

În anul 1900 bănuiam că Darwin a avut dreptate. Acum ne-au dispărut toate îndoielile, o dată cu descoperirea lui Lucy și a altor strămoși de-ai noștri. Am reușit să înțelegem funcționarea complexă a celulei și am învățat să reprezentăm molecula de ADN, să clonăm animale și să descifrăm coduri genetice.

Rațiunea devine sufletul științei

Mituri în mîinile demagogilor

În 1560, fizicianul italian Giambattista della Porta (1535–1615) a înființat prima organizație din lume dedicată schimbului de idei între oamenii de știință. Instituția sa, Academia Secretorum Naturae (Academia Misterelor Naturii) a fost controversată și a avut o viață scurtă, dar a prefigurat Epoca Descoperirilor din perioada Renașterii. În 1620, Francis Bacon (1561–1626) a scris *Novum Organum*, care era o versiune modernă a cărții *Organum* a lui Aristotel. Bacon, un filozof englez, membru al Parlamentului și cancelar al Angliei sub domnia regelui Iacob I, a fost primul care a formulat reguli detaliate pentru respectarea adevărului în căutările științifice. El este creditat ca fiind cel care a impus metoda științifică, acum universal acceptată. Galilei, contemporan cu Bacon, a dezvoltat și mai mult această metodă, perfecționînd-o.

În perioada Renașterii am început să recunoaștem și să acceptăm descoperirile oamenilor de știință. Punctele de vedere ale lui Aristotel și ale Bisericii au fost abandonate. Astronomi precum Tycho Brahe și Galilei au făcut observații și au elaborat ipoteze. După apariția metodei științifice, ipotezele care au trecut proba examinării au devenit teorii, iar teoriile care nu au putut fi invalidate au devenit legi și principii, iar în acest scop trebuie să fie repetabile și să aibă capacitatea de a supraviețui încercărilor riguroase și inevitabile.

În secolele XVII și XVIII, guvernele din Europa au început să finanțeze cercetările științifice. După procesul lui Galilei, Italia, Anglia, Franța și Germania au luat măsuri pentru apărarea științei, a experiențelor și a teoriilor științifice, în pofda opoziției liderilor religioși din aceste țări. Astfel, știința nu numai că și-a dezvoltat instituții și o metodă de lucru, dar în cele din urmă a obținut un adăpost sigur – o „zonă a libertății” în care să se dezvolte și să prospere.

Am intrat în secolul XX mulțumiți de fizica lui Newton și l-am părăsit știind că pentru a explica universul sînt necesare principiile lui Einstein. La începutul secolului XX abia începeam să explorăm atomul lui Leucip. Spre sfîrșitul lui am divizat cu o uluitoare abilitate atomul în particule – o armă nucleară poate elibera o forță distructivă mai mare decît energia însumată a tuturor armelor din toate bătăliile din istoria omenirii.

În anul 1900 bănuiam că Darwin a avut dreptate. Acum ne-au dispărut toate îndoielile, o dată cu descoperirea lui Lucy și a altor strămoși de-ai noștri. Am reușit să înțelegem funcționarea complexă a celulei și am învățat să reprezentăm molecula de ADN, să clonăm animale și să descifrăm coduri genetice.

Rațiunea devine sufletul științei

Mituri în mîinile demagogilor

În 1560, fizicianul italian Giambattista della Porta (1535–1615) a înființat prima organizație din lume dedicată schimbului de idei între oamenii de știință. Instituția sa, Academia Secretorum Naturae (Academia Misterelor Naturii) a fost controversată și a avut o viață scurtă, dar a prefigurat Epoca Descoperirilor din perioada Renașterii. În 1620, Francis Bacon (1561–1626) a scris *Novum Organum*, care era o versiune modernă a cărții *Organum* a lui Aristotel. Bacon, un filozof englez, membru al Parlamentului și cancelar al Angliei sub domnia regelui Iacob I, a fost primul care a formulat reguli detaliate pentru respectarea adevărului în căutările științifice. El este creditat ca fiind cel care a impus metoda științifică, acum universal acceptată. Galilei, contemporan cu Bacon, a dezvoltat și mai mult această metodă, perfecționînd-o.

În perioada Renașterii am început să recunoaștem și să acceptăm descoperirile oamenilor de știință. Punctele de vedere ale lui Aristotel și ale Bisericii au fost abandonate. Astronomi precum Tycho Brahe și Galilei au făcut observații și au elaborat ipoteze. După apariția metodei științifice, ipotezele care au trecut proba examinării au devenit teorii, iar teoriile care nu au putut fi invalidate au devenit legi și principii, iar în acest scop trebuie să fie repetabile și să aibă capacitatea de a supraviețui încercărilor riguroase și inevitabile.

În secolele XVII și XVIII, guvernele din Europa au început să finanțeze cercetările științifice. După procesul lui Galilei, Italia, Anglia, Franța și Germania au luat măsuri pentru apărarea științei, a experiențelor și a teoriilor științifice, în pofida opoziției liderilor religioși din aceste țări. Astfel, știința nu numai că și-a dezvoltat instituții și o metodă de lucru, dar în cele din urmă a obținut un adăpost sigur – o „zonă a libertății” în care să se dezvolte și să prospere.

La sfârșitul secolului XX ne-am cufundat în ceea ce Newton numea vastul ocean al cunoașterii. Am simțit și am gustat apa. Am lăsat-o să cadă asupra noastră – iar ceea ce am învățat l-ar ului pe Newton și orice altă minte strălucită și plină de imaginație din generațiile trecute. Știința și tradiția ei ținând de rațiune, aplicată cum se cuvine de către guverne într-o societate mondială morală, trebuie să rămână unul dintre scopurile prioritare ale omenirii. Așa cum a spus Jacob Bronowski, „Dintre toate darurile omului există unul care îl face unic printre celelalte animale... plăcerea lui imensă de a-și exersa și dezvolta însușirile...”. Descoperirile științifice ne-au deschis mințile și au justificat încrederea în aptitudinile noastre unice.

Înțelegerea universului și autocunoașterea trebuie să fie în continuare obiectivul științei. Pentru atingerea lui este necesar să existe instituții care să asigure existența unei societăți libere și prospere. Nu trebuie să pierdem nici o clipă din vedere cât de trecătoare poate fi libertatea. Progresul omenirii, în toate privințele, este strâns legat de libertate. Dezvoltarea intelectuală este sufocată atunci când libertatea de acțiune sau de exprimare este amenințată sau sancționată. Când se sugerează schimbarea credințelor tradiționale, mulți oameni au tendința de a restrânge libera circulație a ideilor care susțin o asemenea schimbare. Prin urmare, lipsa libertății și teama de schimbare sînt strîns legate între ele. Persistența unui statu quo este adesea bazată pe un mit, nu pe o suprimare conștientă a adevărului, dar acest lucru poate fi o amenințare și mai mare la adresa libertății decît suprimarea susținută de minciuni. Așa cum a spus John F. Kennedy în 1962, la ceremonia de deschidere a cursurilor la Universitatea Yale, „Cel mai mare inamic al adevărului nu este întotdeauna minciuna deliberată, artificială și necinstită – ci mitul, persistent, persuasiv și realist”. Astăzi miturile continuă să prolifereze, dominînd în multe privințe felul de a gândi al oamenilor din lumea întreagă.

Libertatea nu se bazează pe lege, ci presupune ca publicul să înțeleagă și să aprecieze gîndirea rațională. Rațiunea este sufletul științei. O dată suprimată sau abandonată, totalitarismul și anarhia vor umple rapid golul și vor afecta întreaga comunitate, nu numai știința. De exemplu, dacă o societate ar respinge gîndirea rațională și ar permite ca doctrina creaționismului să fie predată în școlile publice, unde ar ajunge? Membrii organizației For the American Way (Pentru Calea Americană), o organizație nonpartinică a libertăților constituționale din Washington, D.C., publică anual rezultatele unor anchete privind cenzura și alte asemenea probleme legate de educația publică. Raportul ei din 1996 stabilește că se manifestă „o strădanie reînnoită pentru includerea creaționismului în cursurile de știință” și că respectivii cenzori „folosesc din ce în ce mai mult legislațiile statale în tentativa de a-și impune obiectivele ideologice în școlile națiunii”. Numeroase inițiative legislative recent eșuate și-ar fi propus să facă din predarea evoluționismului

un motiv de demitere a profesorilor respectivi. Dar susținerea acestora este în creștere, la fel ca probabilitatea ca acest tip de propunere să devină lege în viitorul apropiat. O societate care aprobă asemenea legi iraționale poate ajunge să aprobe și să susțină și alte legi și politici sociale iraționale, cu privire la rasă, culoare și religie. Progresul intelectual, artistic și științific ar înceta, așa cum s-a întâmplat în secolul XX în Germania și cum este cazul în unele societăți totalitare din ziua de azi.

Fizicianul atomist și luptătorul pentru drepturile omului din fosta Uniune Sovietică, Andrei Saharov (1921–1989) a scris că „Libertatea intelectuală este esențială pentru societatea umană... Libertatea de gândire este singura garanție împotriva contaminării oamenilor cu mituri «populare», pasibile de a fi transformate în dictaturi sângeroase” de ipocriți și demagogi periculoși. Mentalitățile și punctele de vedere ale lumii nu pot fi schimbate prin decret. Ele nu pot fi formate sau schimbate decât prin discuții deschise, într-o societate căreia nu îi este frică să renunțe la vechile mentalități și este interesată de extinderea orizonturilor sale de cunoaștere. Secolul XX a fost marcat de perioade de antiraționalism sever. Această mentalitate a cunoscut fluxuri și refluxuri de-a lungul istoriei, fiind remarcabil de vie și de intensă în perioada trecerii către noul mileniu, făcând la fel de imperativă astăzi ca și în orice altă epocă din istorie protejarea și susținerea libertății de exprimare și recursul la rațiune și la gândirea rațională.

Progresul și aplicarea științei sînt controlate de instituțiile noastre politice și sociale

Pulbere albastră strălucitoare și paisprezece miliarde de oameni

În capitolul 19 am examinat controversa din jurul genomului uman și a ingineriei genetice. Dezbaterile continuă și în privința folosirii forței nucleare și a bombei atomice, precum și a aplicațiilor altor descoperiri și tehnologii. Știința și oamenii de știință sînt adesea blamați pentru impactul negativ al unor asemenea descoperiri. Dar deciziile cu privire la folosirea unor asemenea cunoștințe sînt luate de întreaga societate, în primul rînd prin intermediul instituțiilor guvernamentale. Acest lucru include disputele în legătură cu alocarea resurselor. În multe țări, cei care vor să producă tehnologie de luptă și distrugere intră în concurență cu cei care solicită fonduri pentru sănătate și alte nevoi sociale. Unele dintre aceste țări au cei mai buni piloți de vînătoare, în timp ce mulți dintre locuitorii lor nu au toalete, nici băi, nici mobilă, nici medicamente, nici educație. În ciuda marilor noastre progrese în domeniul științei, majoritatea omenirii trăiește în ignoranță și sărăcie. Așa cum scria Einstein, „Gîndirea rațională nu este suficientă pentru a rezolva problemele vieții noastre sociale”. Mai mult de

patru sute de copii mor în fiecare oră de boli ca holera, febra tifoidă, dizenteria și hepatita. În fiecare an, milioane de oameni, în mare parte copii, mor de foame. Unde sînt binefacerile civilizației tehnice și progresul științei în locurile în care trăiau acești copii?

Dar descoperirile științifice și progresele tehnologice au dus la moarte și distrugere nu numai în război. Pe data de 3 decembrie a anului 1984, o scăpare de gaz toxic (izocianat de metil) de la o fabrică din Bhopal, India, deținută de Union Carbide Corporation a provocat în cele din urmă moartea a trei mii de oameni. Pe 26 aprilie 1986, reactorul nuclear de la Cernobîl, din Ucraina sovietică, a răspîndit în Europa un nor radioactiv care s-a întins pe o suprafață de 28 000 de kilometri pătrați, expunînd cinci milioane de oameni riscurilor iradierii și eliberînd de două sute de ori mai multe radiații decît bombele atomice aruncate la Hiroshima și Nagasaki în 1945. Treizeci și doi de oameni au murit imediat, urmați de alte sute de mii care s-au contaminat de boala radiației, unele statistici stabilind că au murit în jur de 150 000 de oameni în urma unor asemenea boli. În umbra sarcofagului din beton și oțel în care este îngropat reactorul nr. 4, cîndva prosperul „oraș model” sovietic Pripiat, cu 40 000 de locuitori, este acum pustiu. În jur de 270 000 de oameni mai trăiesc încă în zone periculos contaminate.

În 1987, la o clinică de radiologie abandonată din Goiania, Brazilia, un grup de copii curioși au deschis o capsulă de plumb de 140 de kilograme care conținea cesium 137, o substanță radioactivă folosită la tratamentul cancerului. Pulberea albastră strălucitoare din interiorul capsulei a contaminat în cele din urmă 249 de oameni, ducînd la cîteva cazuri mortale, amputări și îmbolnăviri provocate de radioactivitate.

Cel mai tulburător paradox imaginabil privește marele progres al științei medicale. Deși a salvat atît de multe vieți, medicina a dus indirect la o creștere a populației care acum amenință planeta. Priviți aceste fapte surprinzătoare:

- În 1850, populația lumii era de 1,2 miliarde.
- În anul 2000, populația a totalizat 6,2 miliarde.
- Jumătate din toți oamenii născuți vreodată trăiesc și în prezent.
- În următorii *cincisprezece* ani, populația lumii va crește cu mai mult decît numărul total de oameni (1,2 miliarde) care locuiau planeta în anul 1850.

Așa cum am menționat mai devreme, speranța de viață a crescut de la 47 de ani în 1900 la 75 de ani în zilele noastre. În echivalentul a două vieți, populația lumii a crescut de peste cinci ori! Prin reducerea factorilor de risc major suplimentari, cum ar fi hipertensiunea, obezitatea și fumatul, speranța de viață poate ajunge la 98 sau 99 de ani. Cum populația vîrstnică

este în creștere, mulți oameni pot suferi de asemenea boli degenerative cu evoluție îndelungată, cum ar fi orbirea, artrita, boala Alzheimer, deteriorare senzorială și osteoporoză, reclamînd un efort suplimentar din partea economiei fiecărei națiuni. Populația lumii crește cu trei oameni în fiecare secundă. La fiecare trei ani, populația lumii crește cu aproximativ 275 de milioane de oameni – populația actuală a Statelor Unite ale Americii –, iar cea mai înaltă rată o înregistrează țările sărace, care sînt cel mai puțin pregătite să facă față nevoilor nou-născuților și să investească în viitorul lor. Expertii avertizează că dacă tendința nu se inversează curînd, peste încă o sută de ani populația lumii va ajunge la 14 miliarde.

Creșterea rapidă a populației afectează rezervele economice ale multor țări, reducînd sau risipind de-a dreptul șansele unei dezvoltări echilibrate. Nu valorile absolute ale populației unei țări, ci ritmul de creștere face ca această țară să nu mai poată asigura productivitatea agricolă, crearea de noi locuri de muncă, ocrotirea sănătății și alte îmbunătățiri necesare. O dată cu explozia demografică apare o creștere a potențialului de violențe și tulburări sociale. Prin urmare, controlul nașterilor și planificarea familială sînt elemente esențiale în atingerea păcii în lume. Drept rezultat al unor factori sociali și politici complecși, jumătate din numărul femeilor din lume nu au acces la serviciile de planificare familială. Totuși, femeile sînt cele care trebuie să fie atrase și educate dacă țările dezvoltate doresc să limiteze creșterea demografică. H.G. Wells a spus odată că civilizația este angajată într-o cursă între educație și catastrofă. Catastrofa cîștigă teren sub forma unei creșteri demografice scăpate de sub control.

Cu toate acestea, rolul omului de știință în problemele sociale ale lumii este unul secundar. Soluția nu o constituie știința. Slăbiciunile noastre nu țin de știință. Ele țin de structurile și instituțiile sociale și culturale pe care le-am creat, deoarece politica, guvernul și propria noastră moralitate determină felul în care știința și tehnologia vor fi *aplicate*. Einstein a observat că „Știința nu poate decît să stabilească ceea ce *este*, nu ceea ce ar trebui să fie... Dincolo de domeniul ei, judecățile de valoare de orice fel rămîn necesare”. Robert Oppenheimer, reflectînd asupra rolului său în lansarea bombei atomice, a declarat că în calitatea sa de director al Proiectului Manhattan „Nu aveam nici o autoritate politică”. Similar, oamenii de știință implicați în Proiectul Genomului Uman lucrează pentru progresul științei, nu pentru politică socială.

Obiectul științei și tehnologiei nu este cucerirea naturii sau a oamenilor. Pentru Kepler și Newton, obiectul era înțelegerea felului în care funcționează universul. Pentru Watson și Crick, înțelegerea felului în care funcționează viața. Marie Curie numea știința drept cea mai sublimă manifestare a spiritului uman, un instrument perfect pentru ajutorarea omenirii. Ca instituție, știința caută în primul rînd să înțeleagă lumea fizică printr-un sistem de gîndire logic și uniform.

În secolul XX au fuzionat diverse domenii ale științei

Fertilitatea speciilor hibride

Loren Eiseley s-a referit la istoria evoluționismului în pasajul citat la începutul acestui epilog. Dar afirmația sa despre diversele descoperiri științifice care se cristalizează într-un nou model este aplicabilă în egală măsură întregii științe din secolul XX. În acest secol, toate ramurile și domeniile cunoașterii s-au unit într-o înțelegere complexă, întreșută, intersectată, suprapusă, îmbinată și interdependentă care ne proiectează în viitor. Granițele care separau clar astronomia, fizica și biologia au devenit domenii fertile de căutări și interese comune, împreună cu alte domenii și subdiscipline. Așa cum am văzut în partea a VII-a, consacrată AND-ului, fizicienii secolului XX au trecut în domeniul biologiei, iar biologii și geneticienii au găsit răspunsurile în chimie, în timp ce geologia a revelat aspecte-cheie ale originii și evoluției vieții. „La un moment dat totul este în suspensie“, scria Eiseley, „...iar peste o clipă apare o formă ca din senin.“

Oamenii de știință din secolul XX au fost în primul rând experimentatori, nu teoreticieni – geneticieni moleculari, biochimisti, biofizicieni, cosmologi și experți în alte *combinații* de specialități neexploatate în secolele anterioare. În anii 1500, Copernic a făcut cele douăzeci și șapte de observații ale sale, apoi a aplicat logica pentru a ajunge la heliocentrism. Asemănător, Newton, Darwin și Einstein sînt exemple tipice ale omului de știință singuratic care adună dovezi și le analizează, le formulează și le reformulează pînă cînd acestea îmbracă forma unor teorii. Patru din cele cinci mari descoperiri făcute în secolul XX – atomul, Big Bang-ul, celula și ADN-ul – au fost posibile deoarece „știința solitară“ a luat sfîrșit, fiind înlocuită de „știința în grup“. În secolul XX, știința a devenit simbiotică, iar diferitele ei domenii au început să se suprapună și să se intersecteze, căci oamenii de știință nu mai doreau să rămîină cantonați într-un domeniu definit. Ei au sesizat nevoia întrepătrunderii – nevoia de a urmări evoluția evenimentelor din domenii conexe ale științei și de a împărtăși informații.

Primele semne ale legăturii dintre astronomie și fizică s-au manifestat la începutul secolului al XVII-lea, atunci cînd Kepler a descoperit legile mișcării planetare. Sinteza finală a acestor domenii a avut loc în secolul XX, cînd s-a conturat teoria Big Bang-ului. În primele decenii ale secolului XX s-au dezvoltat domeniile biofizicii, biochimiei și geneticii moleculare. Începînd din anul 1936, George Gamow a elaborat prima teorie care lega procesele nucleare la scară redusă de Big Bang. Biologii, chimiștii și geneticienii și-au adunat laolaltă cunoștințele în numeroase căi ce vor rămîne legate pentru totdeauna. Carbonul, azotul, oxigenul și fosforul sînt

principalele elemente constitutive ale vieții. Proteina, care este esențială pentru orice formă de viață, este dependentă de captarea azotului din atmosferă. Azotul reprezintă și el o componentă esențială a ADN-ului. Alte exemple sînt legate de alte elemente – sodiul și potasiul sînt elemente cruciale pentru sistemul nervos și creier, iar calciul este cea mai importantă componentă în menținerea formei organismelor, a oaselor și a cochiliilor.

În celebra sa carte *O scurtă istorie a timpului*, fizicianul Stephen Hawking stabilește legătura dintre fizica atomică și biologie, explicînd că dacă sarcina electrică a electronului ar fi fost foarte puțin diferită de cea actuală, nici procesul de fuziune nucleară ce transformă hidrogenul în heliu care are loc în stele nu ar mai fi fost posibil, iar multe stele nu ar mai fi explodat. În oricare dintre cazuri, fără lumina soarelui sau fără elementele chimice grele care sînt produse în stele și răspîndite în spațiu atunci cînd acestea explodează, viața de pe Pămînt nu s-ar fi dezvoltat.

Amintind de istoria geneticii clasice, Francis Crick observa că „cel mai important lucru a fost combinarea acesteia cu biochimia“. În cartea sa *What Mad Pursuit* (Ce cursă nebună!), în care se referă la procesul descoperirii științifice, Crick menționează că geneticienii și chimiștii care studiau proteinele și-au dat seama tîrziu de nevoia de a se familiariza cu domeniile de cercetare reciproce pentru a putea desfășura mai bine experiențele menite să rezolve problema codului moleculei de ADN. Pînă în 1954 (după descoperirea spiralei elicoidale duble), experții în genetică erau extrem de ezitanți în a-și petrece timpul studiind chimia proteinelor, și viceversa. Așa cum am menționat în capitolul 19, chimistul Vernon Ingram a identificat o modificare specifică a codului unui aminoacid din proteina hemoglobinei care este responsabil de siclemie. Crick a considerat cercetările lui Ingram drept o „schimbare drastică de atitudine“ printre geneticieni și biochimiști și a remarcat că aceasta este o lecție de sinteză a diverselor discipline științifice. „În natură“, a declarat Crick, „speciile hibride sînt de obicei sterile, pe cînd în știință lucrurile stau exact invers. Subiectele hibride sînt adesea uluitor de fertile... Dacă o disciplină științifică rămîne prea pură, de obicei se ofilește“. Din această hibridizare au rezultat majoritatea extraordinarelor progrese medicale înregistrate în secolul XX.

Știința secolului XX devine o știință a progreselor incrementale

Premiul Nobel și anonimatul

Perfecționarea și aprofundarea înțelegerii principiilor științifice au dus la o foarte mare specializare în rîndurile oamenilor de știință. Orice subiect, orice întrebare științifică, orice teorie sînt acum dependente de mii de oameni de știință reușiți într-un proces de creație colectivă, chiar dacă fiecare dintre acești oameni se concentrează asupra specialității sale

principalele elemente constitutive ale vieții. Proteina, care este esențială pentru orice formă de viață, este dependentă de captarea azotului din atmosferă. Azotul reprezintă și el o componentă esențială a ADN-ului. Alte exemple sînt legate de alte elemente – sodiul și potasiul sînt elemente cruciale pentru sistemul nervos și creier, iar calciul este cea mai importantă componentă în menținerea formei organismelor, a oaselor și a cochiliilor.

În celebra sa carte *O scurtă istorie a timpului*, fizicianul Stephen Hawking stabilește legătura dintre fizica atomică și biologie, explicînd că dacă sarcina electrică a electronului ar fi fost foarte puțin diferită de cea actuală, nici procesul de fuziune nucleară ce transformă hidrogenul în heliu care are loc în stele nu ar mai fi fost posibil, iar multe stele nu ar mai fi explodat. În oricare dintre cazuri, fără lumina soarelui sau fără elementele chimice grele care sînt produse în stele și răspîndite în spațiu atunci cînd acestea explodează, viața de pe Pămînt nu s-ar fi dezvoltat.

Amintind de istoria geneticii clasice, Francis Crick observa că „cel mai important lucru a fost combinarea acesteia cu biochimia“. În cartea sa *What Mad Pursuit* (Ce cursă nebună!), în care se referă la procesul descoperirii științifice, Crick menționează că geneticienii și chimiștii care studiau proteinele și-au dat seama tîrziu de nevoia de a se familiariza cu domeniile de cercetare reciproce pentru a putea desfășura mai bine experiențele menite să rezolve problema codului moleculei de ADN. Pînă în 1954 (după descoperirea spiralei elicoidale duble), experții în genetică erau extrem de ezitanți în a-și petrece timpul studiind chimia proteinelor, și viceversa. Așa cum am menționat în capitolul 19, chimistul Vernon Ingram a identificat o modificare specifică a codului unui aminoacid din proteina hemoglobinei care este responsabil de siclemie. Crick a considerat cercetările lui Ingram drept o „schimbare drastică de atitudine“ printre geneticieni și biochimiști și a remarcat că aceasta este o lecție de sinteză a diverselor discipline științifice. „În natură“, a declarat Crick, „speciile hibride sînt de obicei sterile, pe cînd în știință lucrurile stau exact invers. Subiectele hibride sînt adesea uluitor de fertile... Dacă o disciplină științifică rămîne prea pură, de obicei se ofilește“. Din această hibridizare au rezultat majoritatea extraordinarelor progrese medicale înregistrate în secolul XX.

Știința secolului XX devine o știință a progreselor incrementale

Premiul Nobel și anonimatul

Perfecționarea și aprofundarea înțelegerii principiilor științifice au dus la o foarte mare specializare în rîndurile oamenilor de știință. Orice subiect, orice întrebare științifică, orice teorie sînt acum dependente de mii de oameni de știință reuniți într-un proces de creație colectivă, chiar dacă fiecare dintre acești oameni se concentrează asupra specialității sale

restrânse. Astfel, spre deosebire de cele șapte teorii mari și cuprinzătoare care au revoluționat știința, în ultima parte a secolului XX știința a devenit o știință a *progreselor incrementale* – adică a însumării micilor și complicatelor descoperiri derivate din experimentele și studiile realizate în laboratoarele de cercetare din toată lumea care, toate, contribuie la înțelegerea deplină a unor faze limitate ale universului fizic sau ale organismelor vii. Așa cum a spus odată Louis Pasteur, „Știința progresează prin încercări de răspunsuri date unui șir de întrebări din ce în ce mai subtile care pătrund din ce în ce mai adânc în esența fenomenelor naturale“.

În știința actuală se pune accentul pe cercetările și experimentele care perfecționează aspecte punctuale ale descoperirilor care au fost demonstrate. De asemenea, probabil că puține descoperiri științifice se vor putea compara din punct de vedere al importanței cu cele șapte pe care le-am trecut în revistă în această carte. În lucrarea *Sfârșitul științei*, John Horgan prezice că „aceasta este era în care descoperim legile fundamentale ale naturii... este o ocazie cu care nu ne vom mai întâlni“. Știința secolului XX a devenit mai degrabă știința infinitezimalului decât știința infinitului. Până și știința întregii materii a universului – Big Bang-ul – s-a transformat într-o știință a particulelor subatomice și a acceleratoarelor de particule, în timp ce oamenii de știință urmăresc să elaboreze „Marea Teorie Unificată“ menită să coreleze teoria cuantică cu cosmosul. Aceasta este teoria pe care a căutat-o în van Albert Einstein timp de patruzeci de ani, o teorie care va combina chimia, electromagnetismul, mecanica, astrofizica și restul fizicii într-o serie de ecuații care să explice totul.

Știința secolului XX a fost știința microscopului electronic și a telescopului spațial Hubble. Este știința laboratoarelor private și a miilor de laboratoare universitare și guvernamentale angajate în cercetări fundamentale, nu știința unui naturalist care colecționează specimene de cinteze din Insulele Galapagos. Laboratorul Național al Acceleratorului Brookhaven din Upton, Long Island, este unul dintre cele trei laboratoare de fizică a particulelor din Statele Unite ale Americii. Are un campus de 20 de kilometri pătrați, în care peste trei mii de oameni conduc cercetări în acest domeniu ezoteric, centrat pe giganticul accelerator de particule. Triunghiul Cercetărilor care se află între Raleigh, Durham și Chapel Hill din Carolina de Nord găzduiește Institutul Național de Știință pentru Sănătatea Mediului (care face parte din Departamentul Sănătății și Serviciilor Umane al Statelor Unite), unde sînt angajați în jur de 300 de oameni, într-un campus întins pe dealurile împădurite din zonă. Cercetările ce se fac acolo vizează și determinarea modului în care substanțele chimice din mediul înconjurător provoacă îmbolnăvirile de cancer și avorturile spontane, precum și a felului în care anumite configurații de gene conduc la unele forme de cancer. În Laboratorul Cold Spring Harbor din New York, acolo unde James Watson a lucrat timp de peste douăzeci de ani,

procesul fundamental care guvernează configurarea genelor este explorat în sediul central al Proiectului Genomului Uman.

Știința secolului XX reunește contribuțiile individuale la scară mondială într-o știință devenită mai degrabă a mulțimilor decât a individului. Realizările epocale și descoperirile aparțin grupurilor, echipelor, laboratoarelor și universităților, mai puțin personalităților izolate. Până și privilegiul descoperitorului de a da denumirea noilor elemente adăugate tabloului periodic al elementelor a fost uzurpat de Uniunea Internațională pentru Chimie Pură și Aplicată.

În pofida tranziției către știința de grup, realizările individuale sînt recunoscute și răsplătite în multe feluri, mai ales prin atribuirea Premiului Nobel, reușita supremă în domeniul științei fundamentale. Premiul Nobel, acordat pentru prima oară în anul 1901, este finanțat de o fundație înființată în 1896 prin hotărîrea testamentară a unui chimist și inginer suedez, Alfred Bernhard Nobel (1833–1896), cel care a inventat dinamita. Testamentul lui Nobel specifica cum că premiile trebuie să fie acordate anual „celor care au adus cele mai mari beneficii omenirii în anul precedent” în trei domenii ale științei: fizică, chimie și medicină. Premiile Nobel se acordă, tot anual, și pentru literatură, pace și economie.

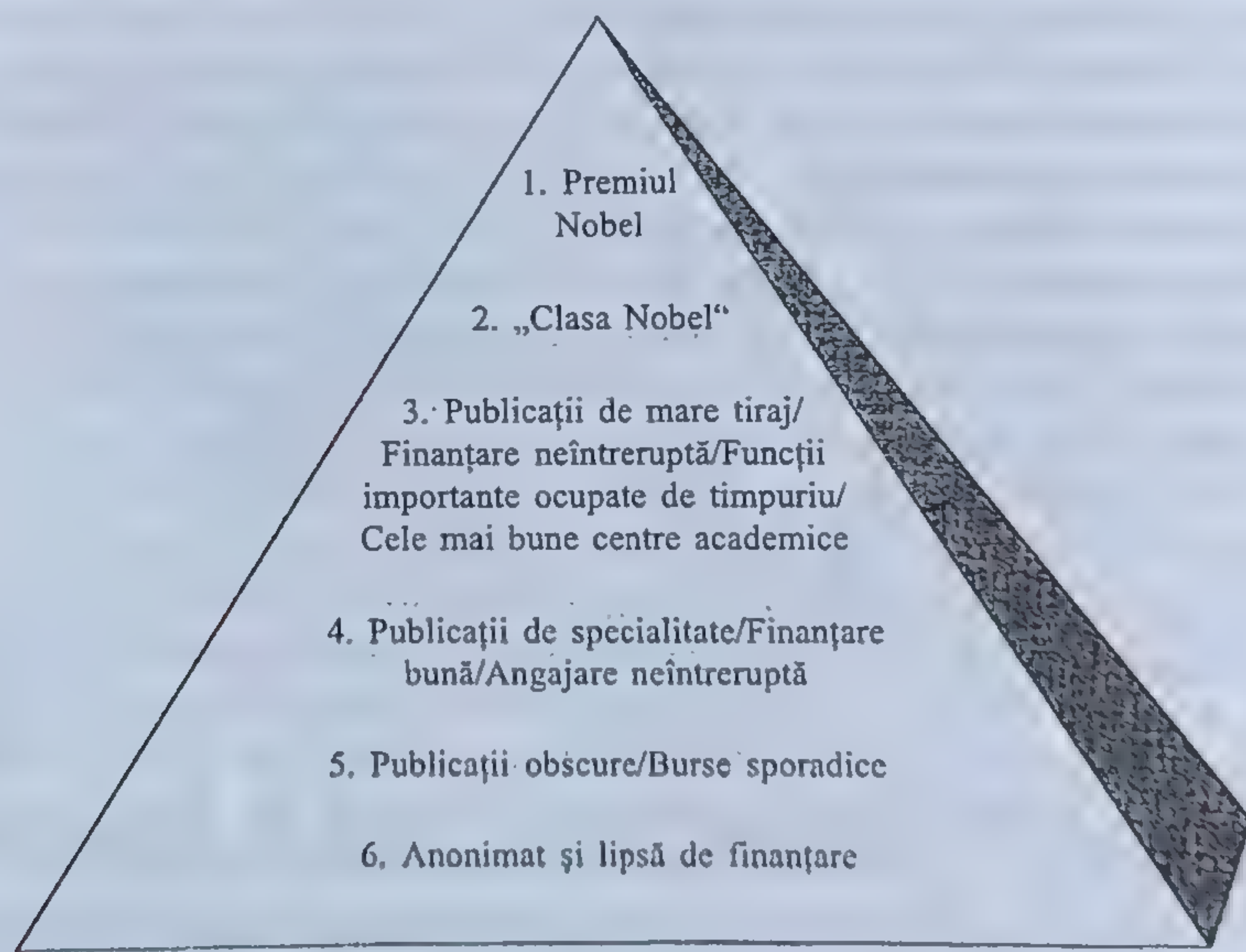


Figura E-1. Cele șase niveluri ale realizărilor științifice

Piramida din figura E-1 ilustrează multiplele niveluri de reușită în știință în cadrul comunității științifice. În vârful piramidei se află laureații Premiului Nobel, personalități de talia lui Curie, Einstein, Crick și Watson.

Pe rîndul al doilea se situează „Clasa Nobel“ – cei a căror operă este la fel de plină de imaginație, de uimitoare și de importantă pentru umanitate precum cea a laureaților Premiului Nobel, dar care nu au reușit să obțină o realizare epocală. Nivelul trei este ocupat de cei care au publicat lucrări științifice numai în cele mai bune reviste de știință, cum ar fi *Science*, *Nature* și *Cell*. Ei au beneficiat de finanțare neîntreruptă din partea agențiilor guvernamentale de genul institutelor naționale de sănătate și fundațiilor științifice naționale, precum și din partea unor fundații particulare. Cei din nivelul patru sînt bine cunoscuți în specialitatea lor și au obținut succese importante, au publicat des în cele mai bune reviste de specialitate din domeniul lor de studiu și ocazional în cele mai prestigioase reviste de mare tiraj. Membrii celui de-al cincilea nivel publică lucrări, însă de obicei în reviste obscure, cu tiraj mic. Ei au rareori un impact semnificativ în domeniile lor și întîmpină greutăți în atragerea finanțărilor menite să le susțină cercetările. În sfîrșit, personalitățile de pe a șasea treaptă a activității științifice nu prea scriu lucrări și nu primesc donații care să le permită efectuarea unor cercetări științifice importante. În această piramidă se află zeci de mii de oameni din toată lumea, mulți dintre ei fiind cei care asigură progresele incrementale ale științei.

Chiar dacă izbînzile individuale sînt în continuare recunoscute, existența științei de grup a creat un paradox. În pofida dificultății acestor realizări, pînă și cei mai mari oameni de știință din secolul XX – cei care se află în vîrfurile piramidei – sînt anonimi și practic necunoscuți marelui public. Așa cum am văzut în capitolele precedente, Marie Curie, Ernest Rutherford, Albert Einstein, Niels Bohr, Edwin Hubble, Thomas Morgan, Francis Crick, James Watson, Arno Penzias și Robert Wilson au fost oameni de știință ai secolului XX, niște giganți în domeniile lor de activitate. Este adevărat, Crick, Watson, Penzias și Wilson sînt încă activi. Dar oamenii obișnuiți nu prea au auzit de personalitățile aflate pe lungă listă a laureaților Premiului Nobel, cu excepția lui Einstein și poate a lui Marie Curie.

Ultima dintre cele șapte mari descoperiri științifice datează din 1953 și îi aparține lui Crick și Watson. *Nu mai există mari oameni de știință în a doua jumătate a secolului XX?* Ba da, însă șansa de a obține o largă recunoaștere s-a redus deoarece munca lor, măsurată în progrese incrementale, este foarte complexă. Chiar dacă Premiile Nobel se acordă în fiecare an unor personalități, progresele incrementale pentru care fiecare dintre acești indivizi a primit premiul urmează a fi folosite de complicatul labirint al științei din ultima parte a secolului XX și începutul secolului XXI.

Cele mai mari descoperiri științifice din istorie...

Deși continuăm să fim angrenați în dispute cu privire la structurile politice și filozofiile religioase și nu știm care este cea mai bună metodă

de distribuire a bunurilor și de asigurare a bunăstării populației, avem în schimb o mulțime de cunoștințe despre ceea ce există. În prezent mai multe decît s-ar fi putut concepe în visele cele mai năstrușnice în urmă cu cîteva secole.

Toată materia universului continuă să se afle sub influența unei explozii care s-a produs acum 15 miliarde de ani. În timpul primilor 10,5 miliarde de ani ai existenței universului, această planetă s-a format din praf și gaze, după care a dat naștere primei celule vii. A fost nevoie de trei miliarde de ani pentru ca această celulă să se dezvolte pînă la nivelul unui organism pluricelular. Plantele absorb fotonii emiși de Soare, combinîndu-i cu apă și cu bioxid de carbon într-o „licoare” formată din hidrocarburi, în timp ce animalele inhalează reziduurile plantelor – oxigenul –, redîndu-le în schimb moleculele de bioxid de carbon atît de importante pentru supraviețuirea plantelor. Toate organismele vii din această „călătorie” reprezintă produsele naturale ale acestei sfere rotitoare și dinamice care se învîrtește în jurul unei stele banale aflată la 150 de milioane de kilometri depărtare, într-un braț exterior al Galaxiei Calea Lactee, una dintre miliardele de galaxii din univers.

S-au scurs alte cîteva sute de milioane de ani între apariția primului mamifer și a lui *Australopithecus*. În timpul următoarelor trei milioane de ani, *Australopithecus* s-a transformat dintr-un simplu element de peisaj în *Homo Sapiens*, cel care va modela mediul înconjurător, o ființă suficient de inteligentă pentru a-și pune întrebări despre univers și pentru a înțelege că noi sîntem un grup de șase miliarde de indivizi alcătuiți din sarcini electrice infime, efemere și fin ajustate, configurate în 60 de mii de miliarde de celule, fiind atrași ferm de Pămînt prin interacțiunea acestor sarcini electrice.

... și oamenii care le-au realizat

După ce s-a ridicat pe umerii lui Kepler, Galilei și ai altora, Newton a dus umanitatea pînă la țărmlul vastului ocean al cunoașterii. Ernest Rutherford, Marie Curie și Niels Bohr au descoperit particula ultimă a lui Leucip. Albert Einstein a identificat enorma forță ascunsă în interiorul acestei particule și a redefinit timpul și spațiul. Edwin Hubble a privit prin telescop și a văzut galaxiile depărtîndu-se. Charles Darwin a studiat imensa diversitate a plantelor și animalelor, găsind un strămoș comun. Cu ajutorul microscopului, Schleiden, Schwann, Flemming și Weismann au ajuns să vadă sursa vieții și a creșterii. Studiind diverse soiuri de mazăre, Gregor Mendel a observat că factorii ereditari trec de la o generație la alta printr-un proces necunoscut. East, Morgan și alții au identificat acest proces. Francis Crick și James Watson au descifrat textul secret al vieții, primele cuvinte din care a fost scrisă prima celulă, în urmă cu patru miliarde de ani.

Cunoașterea este destinul nostru. *Homo Sapiens* va continua să caute răspunsuri la noi întrebări. Vom elabora concepte noi, teorii noi și ne vom continua strădania de a înțelege lumea. Sîntem diferiți de celelalte animale. Trebuie să continuăm să descoperim, să creăm, să explorăm și să inventăm. Trebuie să căutăm leacuri și soluții de menținere a vieții pentru că sîntem descoperitori, creatori, exploratori și inventatori. Noi cercetăm necunoscutul – profund, întunecat, nemaivăzut – și ne descoperim noi resurse în materie de înțelepciune.

Am ajuns în viitor. Ne-am găsit locul privind în urmă și înțelegînd istoria. Am fost onorați să ajungem în secolul XXI. Așa cum spunea Orville Wright, „Nu trebuie să privim prea departe pentru a ne imagina viitorul. Putem vedea deja că el va fi sublim“.

Am făcut o călătorie de cincisprezece miliarde de ani.

CRONOLOGIE

<Până la 1800>

1660

1. GRAVITAȚIE/FIZICĂ	<p>Copernic: <i>Revoluțiunile</i> (1543)</p> <p>Galilei: <i>Dialog despre cele două sisteme planetare</i> (1632)</p> <p>Newton: <i>Principia</i> (1687)</p> <p>Legile mișcării planetare ale lui Kepler (1609-1618)</p>
2. ATOM	<p>Boyle: <i>Chimistul sceptic</i> (1661)</p> <p>Lavoisier identifică oxigenul (1783)</p> <p>Teoria atomică a lui Dalton (1803)</p> <p>Tabelul periodic al lui Mendeleev (1869)</p>
3. RELATIVITATE	<p>Legile câmpului electromagnetic ale lui Maxwell (1861)</p>
4. BIG BANG	<p>Herschel descoperă Calea Lactee (1785)</p> <p>Legile câmpului electromagnetic ale lui Maxwell (1861)</p>
5. EVOLUȚIE	<p>Linnaeus: <i>Systema</i> (1735)</p> <p>Huttons fondează geologia (1785)</p> <p>Darwin: <i>Originea speciilor</i> (1859)</p> <p>Lyell: <i>Principiile geologiei</i> (1830)</p>
6. CELULE/ GENETICĂ	<p>Leeuwenhoek vede celulele de singe (1673)</p> <p>Brown observă nucleul celulei (1831)</p> <p>Virchow: <i>Patologia celulară</i> (1858)</p> <p>Schleiden și Schwann dezvoltă teoria celulară (1838-1839)</p> <p>Principiile eredității ale lui Mendel (1866)</p>
7. ADN	

elul periodic al
Mendeleev (1869)

cimpului
magnetic ale

1900

Virchow: Patologia
celulară (1858)

wann
celulară (1838-1839)

Principiile eredității
ale lui Mendel (1865)

Röntgen descoperă
razele X (1895)

Thomson descoperă
electronul (1897)

Curie descoperă
radioactivitatea (1898)

Ecuația lui Einstein
 $E=mc^2$ (1907)

Rutherford descrie
atomul (1912)

Bohr dezvoltă
teoria cuantică (1913)

Teoria restrânsă a
relativității (1905) a lui Einstein

Teoria generală a
relativității (1915) a lui Einstein

Hubble determină că
Andromeda e o galaxie (1923)

Hubble descoperă recesia
galaxiilor (1927)

Meitner descrie
reacția în lanț (1939)

Cockroft/Watson
obțin fisiunea (1932)

Scrisoarea lui Einstein
către FDR (1939)

Fermi realizează
reacția în lanț la
scară largă (1942)

Bombele atomice de la
Hiroshima și Nagasaki (1945)

Penzias și Wilson
descoperă radiația
cosmică de fond (1965)

Descoperirea posibi-
lității vieții pe Marte (1996)

Darwin: Descendența
omului (1871)

Johanson o descoperă
pe „Lucy” (1974)

Descoperirea tectonicii
plăcilor (1963)

Descoperirea fosilelor
hominide (1920-prezent)

Flemming descoperă
cromozomii (1879)

Weisman descrie
meioza (1886)

Redescoperirea principiilor
lui Mendel (1900)

Morgan descoperă recombinația
și descrie genele (1915)

Fisher/Haldane/Wright dezvoltă
genetica populațiilor (1920)

Descoperirea posibi-
lității vieții pe Marte (1996)

Levono identifică
acizii nucleici (1909)

Wilkins/Franklin
descoperă difracția
razelor X (1945-1953)

Secvențelarea ARN –
Sanger (1960)

Avery dovedește că ADN-ul
conține gene (1944)

Crick/Watson descoperă
structura ADN-ului (1953)

Chargaff determină
proporția A-T/C-G
(1950)

Începe Proiectul
Genomului
Uman (1989)

OFERTA DE CARTE A TRUSTULUI EDITORIAL LIDER

Editurile: ORIZONTURI, LIDER, JURIDICĂ, ȘTIINȚELOR MEDICALE, ȘTIINȚELOR
AGRICOLE, ȘTIINȚELOR SOCIALE ȘI POLITICE, SIRIUS, STAR, LUCEAFĂRUL, CARTEA
PENTRU TOȚI

I. SERIA CULTURĂ GENERALĂ

*J. F. Pépin,
F. Braunstein
Michael H. Hart*

*Anca Balaci
Larousse
Marcel Bordet
Ray Spangenburg,
Diane K. Moser*

*F. Braunstein
Richard Tames
Alex Hellemans
John Simmons
Harold C. Schonberg
Vahé Zartarian
Pierre Miquel
Jean Prleur
Carol Groneman
Charles Panati*

GHID DE CULTURĂ GENERALĂ (368 pag. / 198000 lei)
RĂDĂCINILE CULTURII OCCIDENTALE (288 pag. / 148000 lei)
100 DE PERSONALITĂȚI DIN TOATE TIMPURILE CARE AU INFLUENȚAT EVOLUȚIA
OMENIRII (384 pag. / 198000 lei)
DICȚIONAR MITOLOGIC GRECO-ROMAN (368 pag. / 109000 lei)
CRONOLOGIA UNIVERSALĂ (608 pag. / 191000 lei)
ISTORIA ROMEI ANTICE (400 pag. / 148000 lei)
ISTORIA ȘTIINȚEI vol. 1 (256 pag. / 98000 lei)
ISTORIA ȘTIINȚEI vol. 2 (256 pag. / 98000 lei)
ISTORIA ȘTIINȚEI vol. 3 (224 pag. / 118000 lei)
ISTORIA ȘTIINȚEI vol. 4 (256 pag. / 138000 lei)
ISTORIA ȘTIINȚEI vol. 5 (304 pag. / 189000 lei)
ISTORIA CIVILIZAȚIILOR (304 pag. / 148000 lei)
JAPONIA (384 pag. / 137000 lei)
ISTORIA DESCOPERIRILOR ȘTIINȚIFICE (592 pag. / 278000 lei)
100 CEI MAI MARI SAVANȚI AI LUMII (384 pag. / 180000 lei)
VIEȚILE MARILOR COMPOZITORI (608 pag. / 290000 lei)
MARILE CIVILIZAȚII (304 pag. / 160000 lei)
16 EVENIMENTE CRUCIALE ALE ISTORIEI (192 pag. / 140000 lei)
MISTERELE REÎNCARNĂRII (288 pag. / 198000 lei)
NIMFOMANIA (336 pag. / 198000 lei)
CARTEA ÎNCEPUTURILOR (520 pag. / 249000 lei)

II. SERIA LUCRĂRI LEXICOGRAFICE

*Ioan Lăzărescu
Volchița Ionescu*

DICȚIONAR GERMAN-ROMÂN; ROMÂN-GERMAN (624 pag. / 168000 lei)
DICȚIONAR LATIN-ROMÂN (224 pag. / 60000 lei)

III. SERIA BESTSELLERURI INTERNAȚIONALE

*Alicia Dujovne Ortiz
Barbara T. Bradford*

Barbara Delinsky

*Colleen McCullough
Cristofer Fowler
Danielle Steel*

*Douglas Kennedy
Elizabeth Adler*

*Elizabeth Thornton
Emmanuel Roblès
Erich Segal
Gayle Lynds*

*G.M. Zamfirescu
Harold Robbins
Iris Johansen
Irving Wallace
Jacqueline Briskin
Jackie Collins*

James Patterson

*Jayne Ann Krentz
Joseph Finder*

PASIUNEA CONTELUI TOULOUSE-LAUTREC (272 pag. / 148000 lei)
PUTEREA UNEI FEMEII (368 pag. / 148000 lei)
VIAȚA MERGE ÎNAINTE (368 pag. / 148000 lei)
UN ALT ÎNCEPUT (368 pag. / 148000 lei)
UN VIS ÎMPLINIT (336 pag. / 148000 lei)
REVEDERE LA PARIS (352 pag. / 158000 lei)
SECRETUL EMMEI HARTE (416 pag. / 198000 lei)
O TAINĂ DIN TRECUT (336 pag. / 148000 lei)
ÎNTÎLNIRE ÎN ALASKA (208 pag. / 118000 lei)
TREI DORINȚE (368 pag. / 148000 lei)
APE TULBURI (432 pag. / 168000 lei)
JOCUL IUBIRII (416 pag. / 169000 lei)
SFIDEAZĂ-ȚI SOARTA (336 pag. / 189000 lei)
ENIGMA VĂDUVEI (336 pag. / 178000 lei)
TIM (352 pag. / 128000 lei)
ATRAȚIE FATALĂ (448 pag. / 128000 lei)
VULTURUL SINGURATIC (352 pag. / 159000 lei)
SUBSTITUIREA (272 pag. / 128000 lei)
POVESTEA UNEI VIEȚI (256 pag. / 128000 lei)
NUNTĂ ÎN STIL HOLLYWOODIAN (416 pag. / 168000 lei)
CĂLĂTORIA (368 pag. / 188000 lei)
FORȚE IREZISTIBILE (304 pag. / 180000 lei)
IDENTITĂȚI FURATE (416 pag. / 152000 lei)
ACUM ORI NICIODATĂ (496 pag. / 142000 lei)
SECRETELE TRECUTULUI (336 pag. / 149000 lei)
LA DOLCE VITA (304 pag. / 170000 lei)
NEÎNCREDERE (352 pag. / 158000 lei)
NORMA (288 pag. / 118000 lei)
SINGURA IUBIRE (272 pag. / 138000 lei)
ACȚIUNEA MASCARADA (464 pag. / 159000 lei)
MOZAIC (560 pag. / 169000 lei)
MAREA SCHIMBARE (544 pag. / 175000 lei)
MAIDANUL CU DRAGOSTE (416 pag. / 160000 lei)
MIRAJUL PUTERII (432 pag. / 128000 lei)
LANȚUL MINCIUNILOR (352 pag. / 168000 lei)
FĂRĂ SCRUPULE (464 pag. / 148000 lei)
SINGURUL SECRET (560 pag. / 178000 lei)
SEDUCȚIE FATALĂ (416 pag. / 168000 lei)
INTRIGI FAMILIALE LA HOLLYWOOD (464 pag. / 159000 lei)
INFIDELITĂȚI LA HOLLYWOOD (448 pag. / 198000 lei)
JACK & JILL (416 pag. / 128000 lei)
ȘOARECELE ȘI PISICA (432 pag. / 138000 lei)
MAREA RATARE (384 pag. / 137000 lei)
TRANDAFIRII SÎNT ROȘII (256 pag. / 159000 lei)
CASA OGLINZILOR (352 pag. / 188000 lei)
ORA ZERO (480 pag. / 168000 lei)

<i>Jude Deveraux</i> <i>Judith Krantz</i>	<i>SĂ NU-ȚI PIERZI SPERANȚA</i> (352 pag. / 168000 lei) <i>TOP MODEL</i> (400 pag. / 148000 lei) <i>VOI CUCERI MANHATTANUL</i> (608 pag. / 168000 lei) <i>OBSESIA UNEI IUBIRI</i> (544 pag. / 118000 lei) <i>IUBIRE TRĂDATĂ</i> (480 pag. / 138000 lei) <i>PARRY HOTTER</i> (240 pag. / 120000 lei) <i>PE URMELE LUI IUDA</i> (336 pag. / 128000 lei) <i>REGĂSIRE</i> (288 pag. / 198000 lei) <i>DE PARTEA ÎNGERILOR</i> (416 pag. / 128000 lei) <i>ÎMPLINIRI</i> (416 pag. / 128000 lei) <i>CAPCANA</i> (336 pag. / 168000 lei) <i>LA VINĂTOARE DE BĂRBAȚI</i> (336 pag. / 159000 lei) <i>ÎNTRE DORINȚĂ ȘI PERICOL</i> (320 pag. / 178000 lei) <i>MARELE PESCAR</i> (416 pag. / 148000 lei) <i>VĂDUVA LUI MAO</i> (576 pag. / 119000 lei) <i>FĂRĂ TINE</i> (432 pag. / 118000 lei) <i>UN SECRET TERIBIL</i> (480 pag. / 199000 lei) <i>BELLA MAFIA</i> (560 pag. / 158000 lei) <i>PIATRA CAPRICORNULUI</i> (448 pag. / 128000 lei) <i>PRINȚESA CAPTIVĂ</i> (384 pag. / 148000 lei) <i>GORKI PARK</i> (448 pag. / 199000 lei) <i>ANOTIMPURILE LUPILOR</i> (512 pag. / 138000 lei) <i>FĂRĂ SCĂPARE</i> (288 pag. / 168000 lei) <i>REVELAȚIA</i> (336 pag. / 168000 lei) <i>ESCROCHERIA</i> (320 pag. / 188000 lei) <i>PISTE FALSE</i> (416 pag. / 159000 lei) <i>PRADA</i> (448 pag. / 174000 lei) <i>PRIZONIERII TIMPULUI</i> (560 pag. / 188000 lei) <i>ANUL SCORPIONULUI</i> (432 pag. / 128000 lei) <i>JOCUL LEULUI</i> (688 pag. / 138000 lei) <i>MISIUNE INGRATĂ</i> (752 pag. / 240000 lei) <i>JOCUL DESTINULUI</i> (512 pag. / 218000 lei) <i>TEODORA, CURTEZANĂ ȘI ÎMPĂRĂTEASĂ</i> (366 pag. / 149000 lei) <i>APROAPE PERFECT</i> (352 pag. / 178000 lei) <i>ÎNVINGĂTOAREA</i> (448 pag. / 128000 lei) <i>COPILUL CELOR ȘAPTE MĂRI</i> (480 pag. / 138000 lei) <i>DINASTIA O'HARA</i> (496 pag. / 128000 lei) <i>DINCOLO DE PASIUNE</i> (496 pag. / 148000 lei) <i>JOCURI MURDARE</i> (376 pag. / 128000 lei) <i>ATAC LA PREȘEDINTE</i> (416 pag. / 137000 lei) <i>FORȚA SPECIALĂ ALFA</i> (400 pag. / 178000 lei) <i>MANUSCRISUL LUI CHANCELLOR</i> (512 pag. / 188000 lei) <i>COMLOTUL GENERALILOR</i> (672 pag. / 210000 lei) <i>DRUMUL SPRE OMAHA</i> (592 pag. / 198000 lei) <i>DRUMUL SPRE GANDOLFO</i> (352 pag. / 168000 lei) <i>PROIECTUL HADES</i> (480 pag. / 198000 lei) <i>DECEPTIA LUI PROMETEU</i> (544 pag. / 198000 lei) <i>CERCUL MATARESE</i> (532 pag. / 168000 lei) <i>PROTOCOLUL SIGMA</i> (560 pag. / 199000 lei) <i>DIRECTIVA JANSON</i> (640 pag. / 240000 lei) <i>TRĂDAREA LUI TRISTAN</i> (480 pag. / 240000 lei) <i>CASSANDRA COMPACT</i> (400 pag. / 178000 lei) <i>OPȚIUNEA PARIS</i> (480 pag. / 188000 lei) <i>CODUL ALTMAN</i> (528 pag. / 258000 lei) <i>ALIBIUL</i> (592 pag. / 158000 lei) <i>SITUAȚIE LIMITĂ</i> (256 pag. / 118000 lei) <i>CĂUTĂRI PERICULOASE</i> (448 pag. / 148000 lei) <i>INVIDIE</i> (496 pag. / 142000 lei) <i>SEDUCȚIE</i> (208 pag. / 128000 lei) <i>CONFIDENTA NOPTII</i> (432 pag. / 163000 lei) <i>DINTR-O DATĂ SINGURĂ</i> (448 pag. / 148000 lei) <i>DRAGOSTE LA PRIMA VEDERE</i> (448 pag. / 209000 lei) <i>O MINTE SCLIPITOARE</i> (544 pag. / 175000 lei) <i>DOMENIUL PENMARRIC</i> (688 pag. / 158000 lei) <i>ARISTOCRAȚII, DISPARIȚIE MISTERIOASĂ</i> (448 pag. / 168000 lei) <i>30 DE SECUNDE</i> (448 pag. / 178000 lei) <i>DRAGONUL ROȘU</i> (400 pag. / 159000 lei) <i>DUMINICA NEAGRĂ</i> (352 pag. / 178000 lei) <i>MARNIE</i> (368 pag. / 128000 lei)
<i>Michael Connelly</i> <i>Michael Crichton</i>	
<i>Michael Hartland</i> <i>Nelson DeMille</i>	
<i>Nora Roberts</i> <i>Odile Weulersse</i> <i>Patricia Rice</i> <i>Paul-Loup Sulitzer</i>	
<i>Paullina Simons</i> <i>Phillip Shelby</i>	
<i>Richard Marcinko</i> <i>John Weisman</i> <i>Robert Ludlum</i>	
<i>Robert Ludlum,</i> <i>Phillip Shelby</i> <i>Robert Ludlum,</i> <i>Gayle Lynds</i>	
<i>Sandra Brown</i>	
<i>Sheila O'Flanagan</i>	
<i>Sylvia Nasar</i> <i>Susan Howatch</i> <i>Susan Howatch</i> <i>Sam și Bettina</i> <i>Giancana</i> <i>Thomas Harris</i>	
<i>Winston Graham</i>	
<i>James Van Praagh</i> <i>Mircea Enăchescu</i> <i>Harry Harris</i> <i>Valter Curzi</i> <i>Nell Somerville</i>	<i>MESAJE DE DINCOLO DE MOARTE</i> (304 pag. / 128000 lei) <i>DETECTIVUL PARTICULAR - O profesie de mare viitor</i> (288 pag. / 118000 lei) <i>REVOLUȚIA CHELSKI</i> (432 pag. / 150000 lei) <i>MANUAL DE CHIROMANȚIE</i> (176 pag. / 148000 lei) <i>ZODIACUL CHINEZESC - 2005</i> (400 pag. / 178000 lei)
<i>Amanda Quick</i>	<i>IV. SERIA CARTE DIVERSA</i>
<i>Barbara Delinsky</i>	<i>V. COLECȚIA ROMANTICĂ</i>
<i>Catherine Cookson</i> <i>Elizabeth Adler</i>	<i>INELUL DE ADIO</i> (320 pag. / 168000 lei) <i>MEDUZA ALBASTRĂ</i> (368 pag. / 159000 lei) <i>DAMA DE COMPANIE</i> (352 pag. / 198000 lei) <i>IMPULS IREZISTIBIL</i> (256 pag. / 128000 lei) <i>CAPRICIILE DESTINULUI</i> (384 pag. / 168000 lei) <i>ADEVĂRATA DRAGOSTE</i> (432 pag. / 148000 lei) <i>NICIODATĂ NU E PEA TÎRZIU</i> (272 pag. / 148000 lei)

Elizabeth Thorton
Jude Deveraux

Madeleine Brent
Mary Balogh

Adolphe D'Ennery
Luanne Rice

Anton Joachimsthaler
Dmitri Volkogonov

Nathaniel Hawthorne
Wilkie Collins
André Maurois
Anne Brontë
Charles Dickens
Joseph Conrad
W.S. Maugham
Samuel Butler
Maurice Druon

A. J. Cronin

James Clavell

Graham Greene
John Braine

Michel de Saint Pierre

Eric Hobsbawm

F. Mihăițan,
R. Ulmeanu
Stanley L. Wiener
Colectiv

Traian Ataman
Colectiv
Colectiv
Richard M. Stone
Valentin Iftenie
Jacques Wallach
Colectiv

Valentin Iftenie,
Alexandru Boroi
Marin Voicu
Constantin Brânzan
Mioara-Ketty Gulu
Smaranda Dobrescu,
Mihai Șelitan
Ștefan Daneș,
Vasile Papadopol
Dorin Ciuncan

Cristian Ionescu

ÎMPOTRIVA RAȚIUNII (336 pag. / 168000 lei)
TENTAȚIE (336 pag. / 158000 lei)
ÎMPREUNĂ PENTRU TOTDEAUNA (288 pag. / 168000 lei)
COMOARA BLESTEMATĂ (448 pag. / 128000 lei)
PREȚUL NESOCOTINTEI (416 pag. / 128000 lei)
MAI MULT DECÎT AMANTĂ (336 pag. / 140000 lei)
NU SÎNT AMANTA NIMĂNUI (320 pag. / 178000 lei)
DOUĂ ORFELINE (176 pag. / 128000 lei)
O VARĂ DE NEUITAT (384 pag. / 178000 lei)

VI. MARI PERSONALITĂȚI ALE ISTORIEI

SFÎRȘITUL LUI HITLER (400 pag. / 118000 lei)
LENIN – O nouă biografie (576 pag. / 128000 lei)
TROȚKI – Eternul radical (528 pag. / 128000 lei)

VII. TITANI AI LITERATURII UNIVERSALE

DIABOLUL DIN MANUSCRIS (400 pag. / 122000 lei)
FEMEIA ÎN ALB (640 pag. / 148000 lei)
CLIMATE (288 pag. / 148000 lei)
NECUNOSCUȚA DE LA WILDFELL HALL (560 pag. / 168000 lei)
MARTIN CHUZZLEWITT vol. 1 (544 pag. / 115000 lei), vol. 2 (544 pag. / 115000 lei)
AGENTUL SECRET (352 pag. / 128000 lei)
JULIA, LIZA DIN MAHALAUA LAMBETH (400 pag. / 148000 lei)
ȘI TU VEI FI ȚĂRÎNĂ (480 pag. / 158000 lei)
CONTESA (192 pag. / 138000 lei)

INTEGRALA CRONIN

FRUMOASA GRACIE (176 pag. / 128000 lei)
SUB STELE (688 pag. / 198000 lei)
GRAN CANARIA (400 pag. / 178000 lei)
CITADELA (464 pag. / 168000 lei)
CASTELUL PĂLĂRIERULUI (592 pag. / 191000 lei)

INTEGRALA CLAVELL

SHOGUN vol. 1 + 2 (1392 pag. / 448000 lei)
TAI-PAN vol. 1 + 2 (912 pag. / 388000 lei)
GAI-JIN vol. 1 + 2 (1452 pag. / 524000 lei)
NOBILA CASĂ vol. 1 + 2 (1404 pag. / 549000 lei)
VÎRTEJUL vol. 1 + 2 (1664 pag. / 400000 lei)

VIII. CAPODOPERE ALE SECOLULUI XX

MIEZUL LUCRURILOR (400 pag. / 168000 lei)
DRUMUL SPRE ÎNALȚA SOCIETATE (288 pag. / 148000 lei)
VIAȚA ÎN ÎNALȚA SOCIETATE (288 pag. / 148000 lei)
MILIARDARUL (368 pag. / 148000 lei)

IX. PAGINI DIN ISTORIA LUMII

SECOLUL EXTREMELOR (704 pag. / 148000 lei)

X. CARTE MEDICALĂ

BRONHOPNEUMOPATIA CRONICĂ OBSTRUCTIVĂ (272 pag. / 128000 lei)
DIAGNOSTICUL DIFERENȚIAL ÎN DUREREA ACUTĂ (698 pag. / 633000 lei)
PRIMUL AJUTOR ÎN STĂRILE DE URGENȚĂ PÎNĂ LA SOSIREA MEDICULUI (416 pag. / 163000 lei)
CHIRURGIA OTOLOGICĂ (432 pag. / 306000 lei)
DICȚIONAR MEDICAL ILUSTRAT (632 pag. / 848000 lei)
HARRISON PRINCIPII DE MEDICINĂ INTERNĂ Ediția a 14-a (1090 pag. / 200000 lei)
TESTE DE AUTOEVALUARE ȘI RECAPITULARE HARRISON Ediția 14 (336 pag. / 400000 lei)
MEDICINA LEGALĂ (336 pag. / 251000 lei)
INTERPRETAREA TESTELOR DE DIAGNOSTIC (1328 pag. / 699000 lei)
HARRISON MANUAL DE MEDICINĂ Ediția a 15-a (1200 pag. / 800000 lei)

XI. CARTE JURIDICĂ

INFRAȚIUNILE DE LOVIRE ȘI VĂTĂMARE A INTEGRITĂȚII CORPORALE SAU A SĂNĂTĂȚII – Cadrul juridic, aspecte medico-legale (176 pag. / 164000 lei)
CURTEA EUROPEANĂ A DREPTURILOR OMULUI (336 pag. / 128000 lei)
AVOCATUL POPORULUI – O instituție la dispoziția cetățeanului (432 pag. / 110000 lei)
ELEMENTUL SUBIECTIV ȘI STRUCTURA INFRAȚIUNII (144 pag. / 109000 lei)
NOUTĂȚI ADUSE DE ACTUALUL COD AL MUNCII (176 pag. / 120000 lei)
INDIVIDUALIZAREA JUDICIARĂ A PEDEPSELOR (512 pag. / 300000 lei)
LIBERAREA PROVIZORIE PE CAUȚIUNE ȘI SUB CONTRO JUDICIAR (208 pag. / 180000 lei)
INSTITUȚII POLITICE ȘI DREPT CONSTITUȚIONAL (448 pag. / 300000 lei)
Legea nr. 373/24.09.2004 pentru alegerea Camerei Deputaților și a Senatului și
Legea nr. 370/20.09.2004 pentru alegerea Președintelui României (224 pag. / 195000 lei)

XII. CARTE SOCIALĂ ȘI POLITICĂ

Valeriu Râpeanu
Paul-Marie de La Gorce
Lee M. Silver
Vasili Mitrokhin,
Christopher Andrew
Pierre Lorrain
Vasile Paul,
Ion Coșcodaru
André Gamblin
G.H. Bennett

N. IORGA, M. ELIADE, N. IONESCU – Polemici, controverse, elogii (336 pag. / 128000 lei)
ULTIMUL IMPERIU (256 pag. / 128000 lei)
CLONAREA UMANĂ – Un șoc al viitorului (368 pag. / 128000 lei)
ARHIVA MITROKHIN
(576 pag. / 278000 lei)
INCREDIBILA ALIANȚĂ RUSIA-STATELE UNITE (368 pag. / 125000 lei)
CENTRELE DE PUTERE ALE LUMII
(256 pag. / 120000 lei)
ECONOMIA LUMII 2004 (360 pag. / 299000 lei)
PREȘEDINȚII AMERICANI 1945-2004 (384 pag. / 219000 lei)

XIII. BIOGRAFII CELEBRE

Frank McLynn
Constantin Gane
Lion Feuchtwanger
André Maurois
Michael White
Hannah Pakula
Pierre de Nolhac
A.K. Tolstoi
P.-J. Franceschini,
Pierre Lunel
M. White, J. Gribbin
Carolly Erickson
Edmond Rossier

PRIN ABISURILE MINȚII. VIAȚA LUI JUNG vol. I (400 pag. / 119000 lei)
UN GURU AL EPOCII MODERNE. VIAȚA LUI JUNG vol. II (400 pag. / 119000 lei)
TRECUTE VIEȚI DE DOAMNE ȘI DOMNIȚE vol. I+II (624 pag. / 134000 lei); (624 pag. / 134000 lei)
GOYA (544 pag. / 148000 lei)
POETUL REBEL – Viața lui Shelley (256 pag. / 128000 lei)
VIAȚA LUI CHATEAUBRIAND (400 pag. / 131000 lei)
LEONARDO (400 pag. / 168000 lei)
ULTIMA ROMANTICĂ – Viața Reginei Maria a României (552 pag. / 240000 lei)
MARCHIZA DE POMPADOUR (272 pag. / 138000 lei)
IVAN CEL GROAZNIC (336 pag. / 135000 lei)
CALIGULA
(304 pag. / 178000 lei)
VIAȚA LUI DARWIN (400 pag. / 198000 lei)
JOSEPHINE – prima împărăteasă a Franței (432 pag. / 199000 lei)
PE TREPTILE TRONULUI (240 pag. / 159000 lei)

XIV. THRILLER

Kenneth Royce

FIUL AMBASADORULUI (320 pag. / 128000 lei)

XV. MEMORIA SECOLELOR

Claude Mossé

PROCESUL LUI SOCRATE (192 pag. / 68000 lei)

XVI. LAUREAȚI AI PREMIULUI NOBEL PENTRU LITERATURĂ

François Mauriac
William Golding
Winston Churchill

CĂILE MĂRII (256 pag. / 128000 lei)
PIRAMIDA (272 pag. / 128000 lei)
ISTORIA AMERICII (544 pag. / 249000 lei)

ULTIMELE APARIȚII

Michael Connelly
Petre Ispirescu
Elizabeth Thorton
Evelyn Lever
Simona Ivana
Elizabeth Adler
Gayle Lynds
James Patterson
Jayne Ann Krentz
Lion Feuchtwanger
Michael Connelly
Tamara McKinley

DARLING LILLY (320 pag. / 189000 lei)
CELE MAI FRUMOASE BASME (304 pag. / 140000 lei)
MISTERIOASA DOAMNĂ (352 pag. / 189000 lei)
PE EȘAFOD – MARIA ANTOANETA – ultima regină a Franței (432 pag. / 199000 lei)
BACTERIOLOGIE GENERALĂ (232 pag.)
HOTEL RIVIERA (304 pag. / 189000 lei)
CONSPIRAȚIA SPIRALA (528 pag. / 229000 lei)
VIOLETELE SÎNT ALBASTRE (304 pag. / 190000 lei)
CĂSĂTORIE DE FORMĂ (320 pag. / 198000 lei)
ÎNTELEPCIUNEA NEBUNULUI (464 pag. / 215000 lei)
ANCHETA (352 pag. / 220000 lei)
SUB SEMNUL BLESTEMULUI (400 pag. / 199000 lei)

CARTEA PRIN POȘTĂ

Puteți primi cartea dorită chiar în momentul apariției ei, cu o reducere substanțială de preț, prin comandă, la adresa:

B-dul Libertății nr. 4, bl. 117, et. 3, ap. 7, sector 4, cod 040128, București

Tel: 337.30.67; 0744.530.970; 0723.335.197; fax: 337.48.22 e-mail: lider@e-extreme.ro

Cititorii care solicită carte prin poștă devin automat membri ai **CLUBULUI CĂRȚII LIDER**, beneficiind de următoarele facilități:

1. Editurile suportă cheltuielile de expediție prin poștă a cărților comandate. În termen de o săptămână de la data comenzii, solicitantul va primi prin poștă, la domiciliul său, cărțile dorite (comandă de minim trei exemplare) cu plata ramburs.

2. Reducerea prețului de vânzare cu: 10% pentru fiecare comandă de minim trei cărți, 12% pentru comenzile ce depășesc cinci cărți, 15% la comenzile de cel puțin zece cărți.

3. Livrarea cărților cu prioritate.

4. Comanda anticipată pentru cărțile în curs de apariție.

5. Asigurarea materialelor informative: cataloage și liste de apariții.

6. Posibilitatea de a comanda cărți on-line la adresa:

www.trustul-lider.ro

Editura își rezervă dreptul de a actualiza prețurile.

IMPORTANT

Pentru comenzile prin poștă completați talonul
Cu titlurile dorite.

ATENȚIE, NU ESTE NEVOIE SĂ TIMBRAȚI!

CLUBUL CĂRTII LIDER
Bdul. Libertății nr. 4, bl. 117, et. 3, ap. 7, sector 4
cod 040128, București, Tel: 337.30.67
0723.335.197
0744.530.970

Expeditor _____
Strada _____ Nr. _____
Bl. _____ Sc. _____ Et. _____ Ap. _____
Județ. _____ Sector _____
Cod _____ Localitate _____
Tel. _____

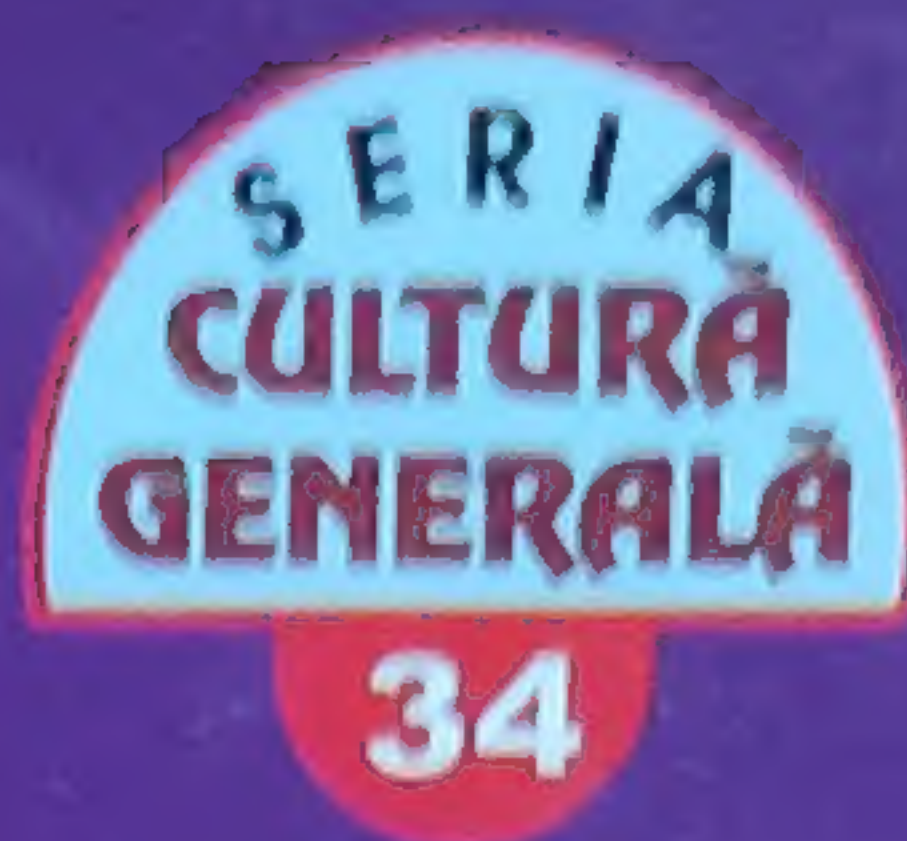
CARTE
POȘTALĂ
Post răspuns

Nu
timbrați
CR

Destinatar:
C.P. 42-7, București

TITLURI COMANDATE:

	Titlul	Nr. ex.	Titlul	Nr. ex.
1.	_____	_____	6.	_____
2.	_____	_____	7.	_____
3.	_____	_____	8.	_____
4.	_____	_____	9.	_____
5.	_____	_____	10.	_____



7 descoperiri epocale ale științei

- **Gravitația și legile fundamentale ale fizicii**
- **Structura atomului**
- **Principiul relativității**
- **Big Bang-ul și formarea universului**
- **Evoluția și principiul selecției naturale**
- **Celulele și genetica**
- **Structura moleculei de ADN**

**EDITURA ORIZONTURI
EDITURA SIRIUS**

Lei 209000 (191743 + 17257 TVA)

